



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



Año 25,
Número 116
noviembre - diciembre 2022

ISSN: 2007-1175

- Herramientas digitales para generar mapas
- Autenticación facial por humanoides
- Modelado computacional en ciencia de materiales
- Prótesis de brazo mioeléctrico



Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas
Director Ciencia UANL

Melissa Martínez Torres
Editora

Consejo Editorial

Dr. Sergio Estrada Parra, (Instituto Politécnico Nacional, México) /
Dr. Miguel José Yacamán (Universidad de Texas, EUA) / Dr. Juan Manuel Alcocer González (Universidad Autónoma de Nuevo León, México) /
Dr. Bruno A. Escalante Acosta (Instituto Politécnico Nacional, México)

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Monserrat Montes Canul
Correctora de inglés: Georgina Cerda Salvarrey
Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas

Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza
Diseño de página web: Rodrigo Soto Moreno

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 25, N° 116, noviembre-diciembre de 2022. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Editora responsable: Melissa Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102. ISSN: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido en trámite. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 1 de noviembre de 2022, tiraje: 1,800 ejemplares.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2022

revista.ciencia@uanl.mx

Ciencia UANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dra. María Julia Verde Star
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin Suetterlin
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Gloria María González González
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS NATURALES

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Taméz Valdés
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Yolanda Peña Méndez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

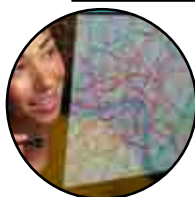
CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Héctor de León Gómez
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

ÍNDICE

6 EDITORIAL

8 CIENCIA Y SOCIEDAD



Generación de mapas digitales para fines económicos, ambientales y sociales

Adrián Rodríguez Moctezuma, Fabián Fernández Luqueño

18 OPINIÓN



Autenticación facial, un humanoide nos podría reconocer

Aida A. Aparicio-Arroyo, Iván Olmos-Pineda, J. Arturo Olvera-López

30 EJES



Modelado computacional, una herramienta para comprender la ciencia de los materiales

Karla Silván-Díaz, Guillermo Carbajal-Franco

40 SECCIÓN ACADÉMICA

41

Responsabilidad social universitaria: desarrollo y entrega de una prótesis de brazo mioeléctrico

Dina Elizabeth Cortes Coss, Yadira Moreno Vera, Agustín Cortes Coss

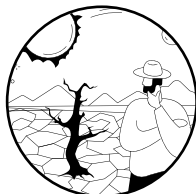
52 CIENCIA DE FRONTERA



Imágenes y algoritmos, herramientas para un diagnóstico médico más preciso. Entrevista con la doctora Nidiyare Hevia Montiel

María Josefa Santos

66 SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA



Agua, sequía y cambio climático

Pedro César Cantú-Martínez

78 CIENCIA EN BREVE



De árboles y robots

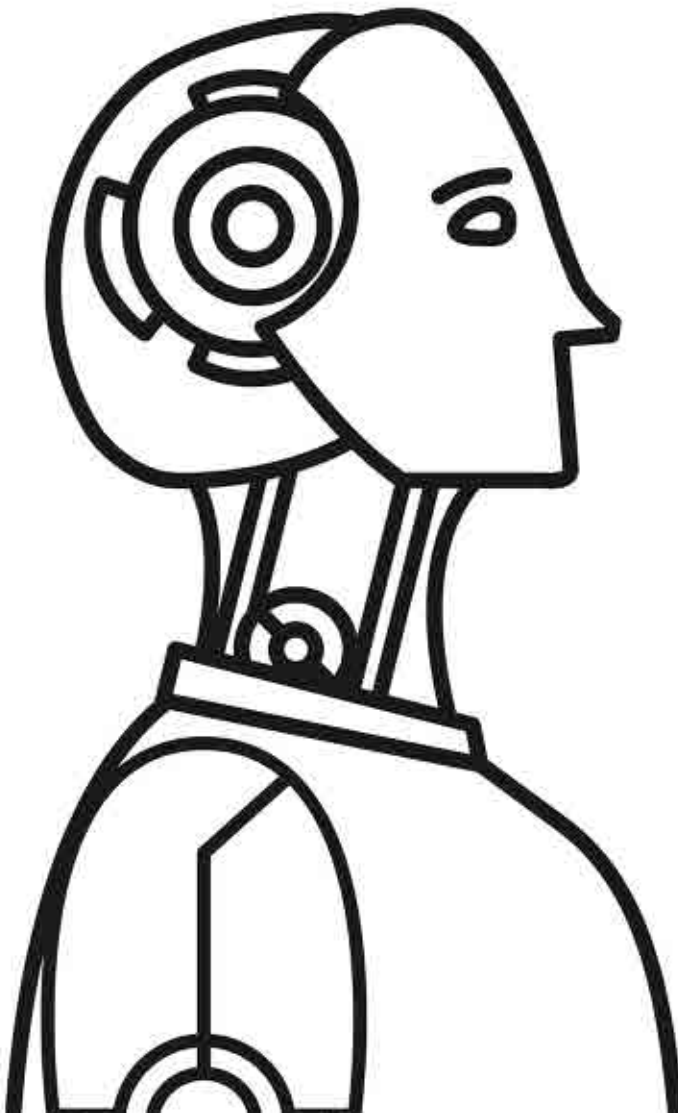
Luis Enrique Gómez Vanegas

88 COLABORADORES

116

EDITORIAL

María Idalia del Consuelo Gómez
de la Fuente



*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás
de los Garza, México.
Correo: maria.gomezd@uanl.edu.mx

El impacto de la ingeniería y el desarrollo tecnológico en la ciencia es apoteósico, no se podría concebir todo el avance en el conocimiento de virus y bacterias sin el progreso de sistemas tecnológicos para la generación de bases de datos y el análisis de éstos en redes de colaboración multinacionales.

Asimismo, la ingeniería es el soporte para el desarrollo tecnológico, pues ha sido ésta la base fundamental de la innovación tecnológica

que ha permitido al mundo hacer realidad lo supuesto por la ciencia anteriormente. Como los marcadores celulares, utilizados en la detección y estudio de células cancerígenas, o bien el desarrollo de equipos de caracterización a nivel nanométrico que permiten nuevas formas de síntesis ya no a nivel microescala, sino a nivel nanoescala, favoreciendo el avance del conocimiento de la ciencia en tiempo récord.

En este número, *Ciencia UANL* presenta varios artículos relacionados con el impacto de la ingeniería y la tecnología en el desarrollo de la ciencia. Primeramente, en la sección Ciencia y sociedad, Adrián Rodríguez Moctezuma y Fabián Fernández Luqueño muestran, en su artículo “Generación de mapas digitales para fines económicos, ambientales y sociales”, la generación de planos digitales a través de sensores remotos, lo que permitirá identificar rápidamente el efecto climático sobre las cuencas hídricas, así como en el comportamiento de zonas fértiles o desérticas.

De igual forma, Aida Aparicio-Arroyo, Iván Olmos-Pineda y Arturo Olvera-López nos presentan, en Opinión, el trabajo “Autenticación facial, un humanoide nos puede reconocer”, artículo sobre la visión por computadora, que se encarga de la identificación y autenticación facial que puede realizar un robot, con el fin último del desarrollo de humanoides.

Karla Silván-Díaz y Guillermo Carbajal-Francose presentan “Modelado computacional, una herramienta para comprender la ciencia de los materiales”, en la sección Ejes,

una investigación que muestra el uso de un software basado en la teoría de la densidad de funciones para el desarrollo de nuevos materiales, con fundamento en la mecánica cuántica, lo que permitiría obtener nuevos materiales en tiempo récord, pues se evita la ruta clásica de experimentación y caracterización.

En la sección Académica, Dina Elizabeth Cortes Coss, Yadira Moreno Vera y Agustín Cortes Coss presentan “Responsabilidad social universitaria: desarrollo y entrega de una prótesis de brazo mioeléctrico”, que trata sobre el desarrollo de una prótesis de brazo mioeléctrico diseñado y desarrollado por alumnos de mecatrónica en colaboración con pares académicos del área médica, mostrando la importancia del trabajo colaborativo interacadémico.

Finalmente, en Ciencia de frontera, María Josefa Santos nos trae una “Entrevista con la doctora Nidiyare Hevia Montiel”, quien platica sobre imágenes y algoritmos como herramientas para un diagnóstico médico más preciso. Mientras Pedro César Cantú, en la sección Sustentabilidad, plantea el tema “Agua, sequía y cambio climático”, que ha cobrado interés mundial, el documento presenta el estado actual de este elemento, mostrando la importancia de actuar de forma inmediata en la reforma de leyes y reglamentos que aseguren un adecuado uso y manejo de este necesario insumo humano.

De esta manera les damos la bienvenida al último número de 2022, el 116, noviembre-diciembre, el cual esperamos sea de su agrado.



Ciencia y sociedad

GENERACIÓN DE MAPAS DIGITALES PARA FINES ECONÓMICOS, AMBIENTALES Y SOCIALES

ADRIÁN RODRÍGUEZ MOCTEZUMA*, FABIÁN FERNÁNDEZ LUQUEÑO*

* Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), Unidad Saltillo, Saltillo, México.
Contacto: adrian.rodriguez@cinvestav.edu.mx
fabian.fernandez@cinvestav.edu.mx



En años recientes hemos oído hablar de lo necesario que resulta cuidar los recursos naturales debido a que nos brindan una serie de servicios ambientales (SA): soporte, provisión, regulación y cultura (figura 1). Éstos incluyen la regulación del clima, provisión de alimentos abundantes,

inocuos y nutritivos, belleza escénica y captación de agua, entre otros. Asimismo, influyen en el mantenimiento de la vida en la Tierra y de sus procesos (como en el ciclo de nutrientes), y generan beneficios económicos y ambientales para el bienestar en los seres humanos.

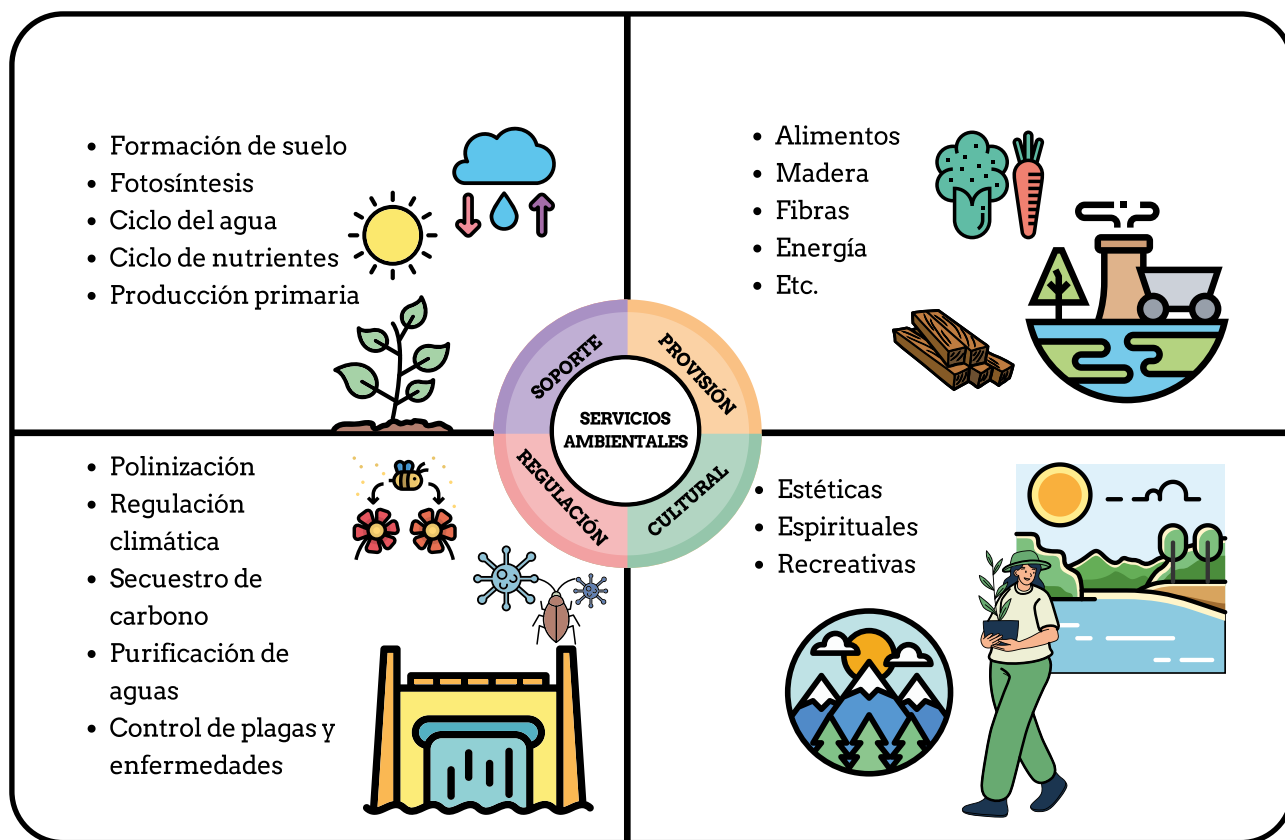


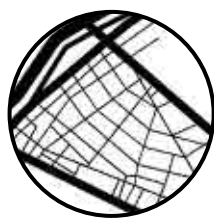
Figura 1. Clasificación de los servicios ambientales.

En particular, el suelo es un recurso natural que, además de soportar la diversidad de seres vivos en el planeta (plantas, animales y microorganismos), permite producir alimentos a través de las actividades agropecuarias. Para lograr un uso eficiente de éste en los diferentes sectores económicos (primario, secundario y terciario), debe considerarse su manejo adecuado, clasificación y la distribución geográfica a través de mapas digitales, los cuales pueden constituir una herramienta en la toma de decisiones en todos los niveles de gobierno, empresas o instituciones de educación y generación de conocimiento.

Hoy en día, el interés en el manejo adecuado de este recurso radica en que juega un papel importante en el medioambiente y en las funciones del ecosistema (Poggio *et al.*, 2016). Sin embargo,

puede degradarse y perder su fertilidad, lo cual implica pérdida en la capacidad de producir alimentos suficientes e inocuos.

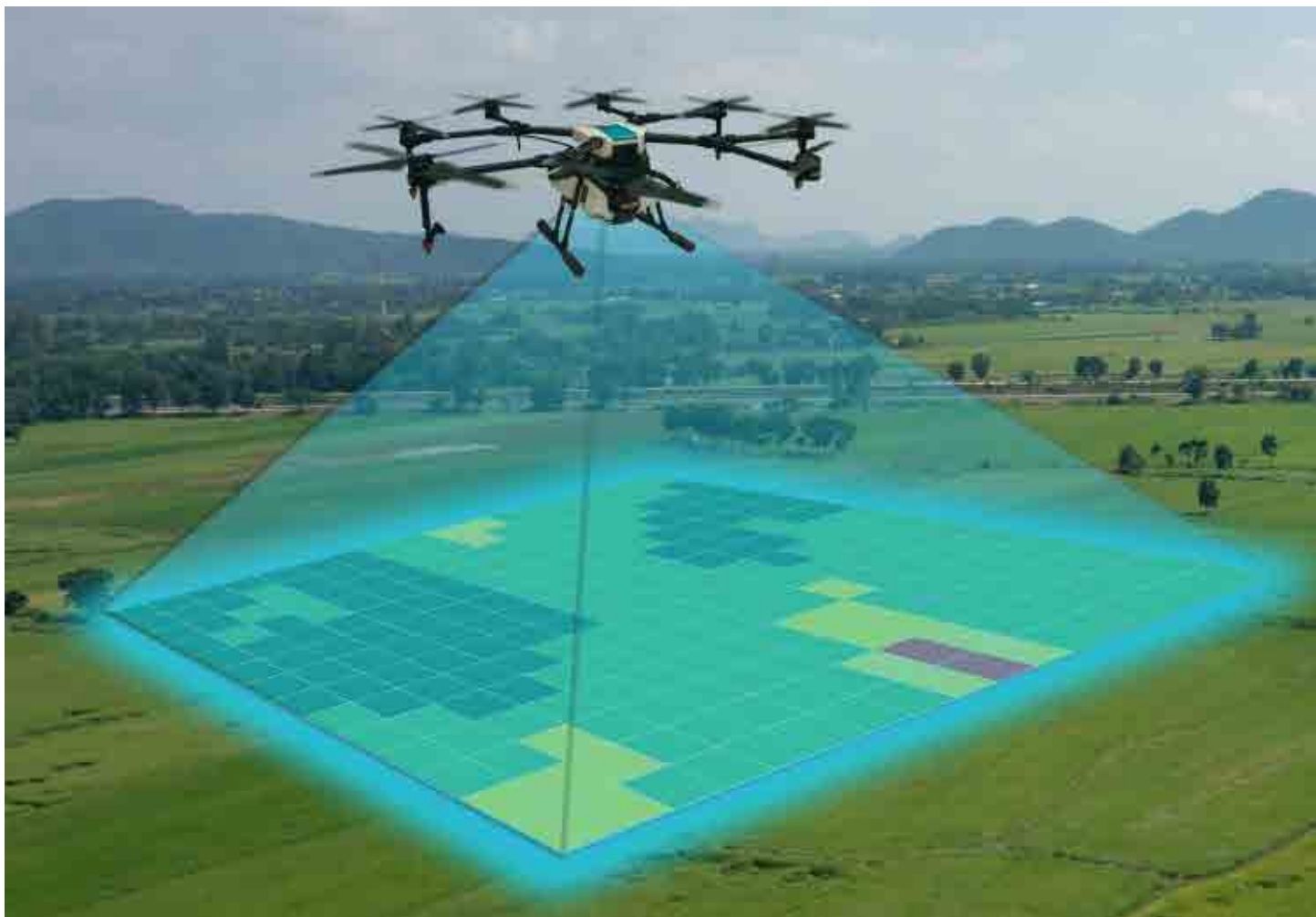
Uno de los principales indicadores de la fertilidad es el color de la tierra, el cual se relaciona estrechamente con el contenido de carbono orgánico (COS): una coloración oscura indica buena fertilidad, mientras que una clara suele asociarse con la ausencia o escasez de ésta. El COS es considerado un factor de suma importancia para conservarla, debido a que aumenta la capacidad de retención de agua y la producción vegetal, características que pueden ser registradas en un mapa digital para favorecer los sistemas de producción mediante la toma de decisiones con base en datos fidedignos y para la gestión de la política pública.

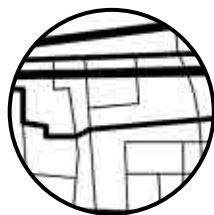


¿QUÉ ES EL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO?

El COS es el carbono que contienen los residuos orgánicos (plantas, animales y microorganismos) que han pasado por un proceso de descomposición y mineralización. La porción que se encuentra en un ecosistema depende de la cantidad y calidad de la materia orgánica que se reincorpore al sustrato, de factores climáticos y de la capacidad de la superficie para retenerlo. Por consiguiente, un mapa de COS sería de gran utilidad para definir

el uso potencial, la calidad, la salud y el manejo del suelo. El carbono es tan importante que tiene implicaciones económicas (a mayor presencia mayor valor económico por su potencial productivo), ambientales (significa más CO₂ fijado y mayor diversidad y abundancia de microorganismos) y sociales (favorece la remoción de contaminantes del agua, aumenta la resiliencia y por tanto se reduce la probabilidad de contaminación y erosión).





¿QUÉ ES UN MAPA?

Comencemos por hablar sobre la cartografía, esta palabra proviene de los vocablos griegos *chartes*, que significa mapa, y *graphein*, que quiere decir escrito. Entonces podemos definir la cartografía como la ciencia que se encarga de compilar y analizar datos de regiones de la Tierra para representarlas gráficamente, es decir, se encarga del estudio y elaboración de mapas o cartas geográficas.

Se trata de una representación gráfica (una ilustración sencilla, clara y fácil de comprender) de una porción de territorio que muestra características de la zona, es decir, contiene algunos aspectos relevantes de un espacio geográfico, por ejemplo: cuerpos de agua, principales ríos, clase de suelo y vegetación. La variedad, precisión y cantidad de particularidades que presente

definirán el nivel de complejidad y su uso potencial en el análisis e interpretación de las referencias que contienen; mientras más sean, su aplicación, contribución a la toma de decisiones y valor económico (precio) serán mayores.

México tiene una tradición cartográfica que inició antes de la conquista y sus primeras proyecciones fueron trazadas con muchos errores, aun cuando daban una idea de las extensiones de terreno, sus límites y algunas características o propiedades, como vegetación, relieve y color.

Actualmente, la mayoría es elaborada utilizando algún programa computacional, entre los cuales se encuentran los sistemas de información geográfica (SIG). Estas herramientas conducen a planos más dinámicos e interactivos

que pueden ser manipulados digitalmente. La figura 2 muestra algunos ejemplos de éstos y de los detalles que pueden obtenerse con su ayuda y una base de datos que incluye registros de interés, es decir, capas temáticas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) o de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

El mapeo digital (DSM, por su nombre en inglés *Digital Soil Mapping*) es una técnica que utiliza los sensores remotos, la geoestadística y las técnicas de extracción de datos para estimar las propiedades de una zona en particular (Xu *et al.*, 2017), esta técnica tiene un alto potencial

para desarrollar el manejo sostenible y disminuir el impacto que generan actividades primarias como la agricultura.

Hoy en día, los sensores remotos son una herramienta que complementa los estudios sobre el medio ambiente en diferentes rubros, como la Oceanografía y la Geología. En las actividades agropecuarias se emplean para la estimación de cosechas, el control de plagas y enfermedades, incendios forestales, entre otras aplicaciones, ya que permiten estudiar los sistemas ecológicos a diferentes escalas espaciales y temporales, lo cual no es posible con los métodos tradicionales como la fotointerpretación.

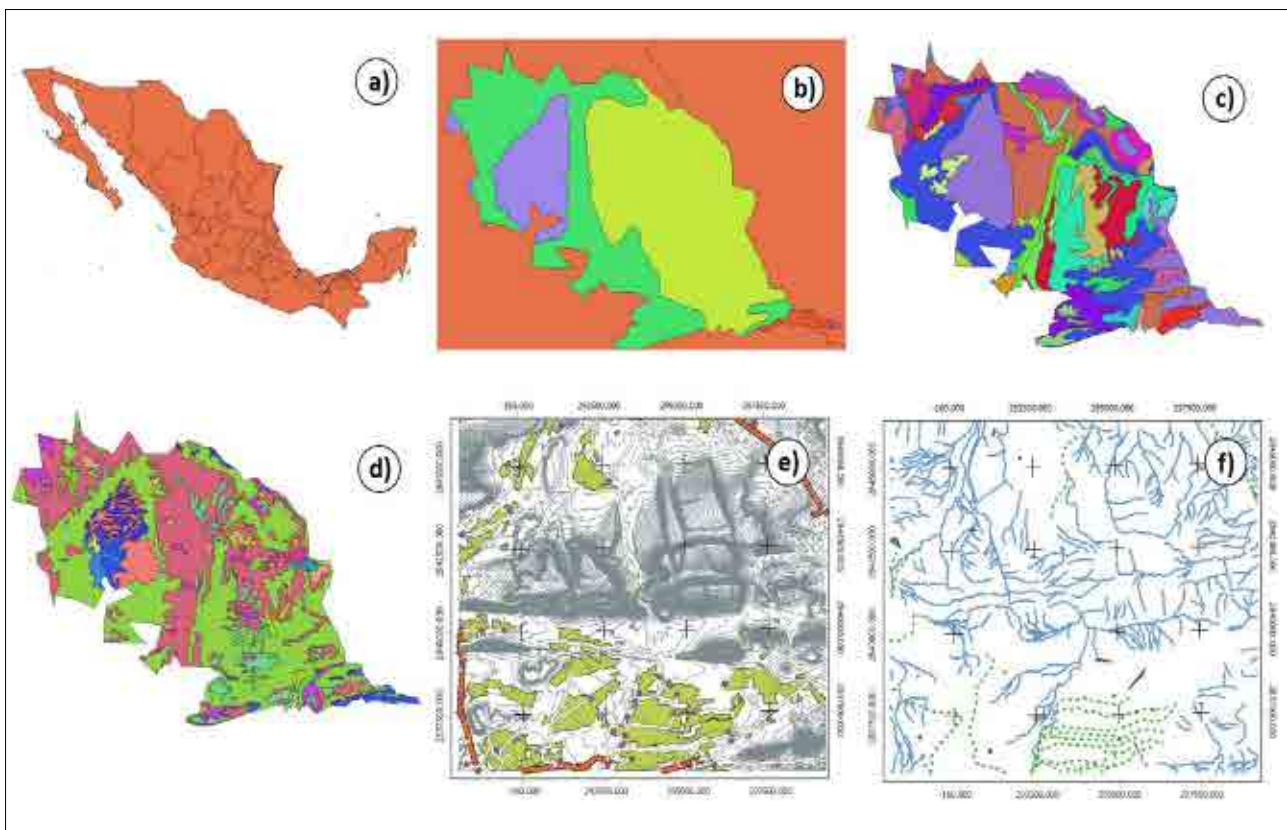
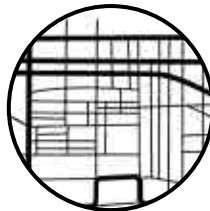


Figura 2. Variedades de mapas: a) división política; b) clima; c) clases y d) uso de suelo y vegetación; e) curvas a nivel, caminos y carreteras; f) cuerpos de agua, ríos, bordos y canales.



ENTONCES, ¿QUÉ SON LOS SENSORES REMOTOS Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA?

Los sensores remotos (SR) son sistemas o instrumentos que tienen la capacidad de percibir información de un objeto que se encuentra a una gran distancia de él; la figura 3 muestra al-

gunos sensores y plataformas, entre los que se encuentran aviones, satélites, radares y drones repartidos por todo el mundo y que funcionan de manera ininterrumpida.



Figura 3. Sensores remotos y plataformas empleados en la teledetección y su aplicación en nuestra vida diaria: apps en nuestros teléfonos celulares, receptores GPS portátiles, autos y drones en la agricultura de precisión.

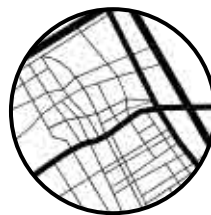
Los sensores son instrumentos capaces de leer la radiación electromagnética y registrar su intensidad, es decir, igual que la cámara de nuestros celulares es la parte que nos permite capturar una imagen, los sensores pueden ser desde una cámara hasta tecnologías más complejas como el radar.

Un SIG (o GIS por su nombre en inglés *Geographic Information Systems*) es un software que, del mismo modo que otras aplicaciones que utilizamos en nuestra vida diaria (Facebook, Instagram o WhatsApp), tiene el objetivo de integrar y analizar información. Sólo que, en el caso de los SIG, los elementos están relacionados con cualquier tipo de variable geográfica: asentamientos humanos (pueblos, comunidades, ciudades), densidad de población (número de habitantes por unidad de superficie), variedades de clima, uso de suelo y vegetación, principales carreteras, ríos o cuerpos de agua, entre otros. Estos SIG permiten al usuario consultar los informes de manera simple e interactiva, facilitando el análisis e interpretación de resultados.

De forma resumida, para capturar las notas de una imagen, descargarla y manipularla en los SIG, es necesaria la digitalización de los documentos (en caso de que se tenga cartografía impresa), lo cual puede realizarse de forma manual o automática mediante un scanner, para lo cual se recomienda el formato JPG por ofrecer una buena resolución (Instituto Geológico y Minero de España, 2007). Una vez que se cuente con la imagen digitalizada, es necesario añadir detalles sobre el área geográfica del espacio que representa, a esto se le denomina georreferenciación, es decir, el posicionamiento espacial o la asignación de coordenadas a puntos de control o de interés dentro de la imagen, los cuales servirán para la correcta localización de la información.



Es importante destacar que, en términos generales, se pueden generar planos de prácticamente todo lo que se ocurra e imagine, siempre y cuando la variable a destacar (pobreza, por ejemplo) esté georreferenciada. Así, se pueden hacer sobre riqueza, nivel educativo, concentración de contaminantes, producto interno bruto, acceso a la salud, disponibilidad de agua potable de buena calidad, saneamiento, entre otros.



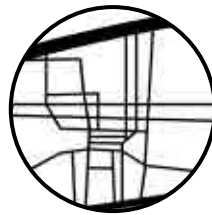
¿CÓMO SE RELACIONA EL USO DE LOS SIG CON LA SUSTENTABILIDAD?

En términos simples, la sustentabilidad busca hacer un uso eficiente de las riquezas naturales y satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la posibilidad de que las generaciones futuras satisfagan sus propias necesidades, considerando aspectos ambientales, económicos y sociales. Por consiguiente, la sustentabilidad busca asegurar el bienestar social, el crecimiento económico y el cuidado del medio ambiente a través de todas las actividades que realizamos, causando el menor o nulo deterioro de los recursos y los ecosistemas. Es en esta parte donde el uso de sensores remotos montados en satélites, aviones o drones ha cobrado relevancia, esto debido a que es un método rápido, rentable y no destructivo para obtener referencias que nos permitan estimar diferentes propiedades del suelo y sus organismos, identificar principales actividades humanas y determinar el grado de desarrollo de áreas geográficas específicas (Xu *et al.*, 2017; Angelopoulou *et al.*, 2019).



CONCLUSIÓN

El uso de herramientas tecnológicas, como los sensores remotos y el uso de sistemas de información geográfica, facilita el estudio y análisis de datos que ayudan a describir las características y propiedades del suelo a través de mapas digitales. Así, a partir de éstos se toman decisiones sobre el uso potencial, manejo y aprovechamiento del recurso; además, en las superficies agrícolas, permiten estimar rendimientos, fechas de cosechas, ubicar plagas o enfermedades e identificar deficiencias nutrimentales con una tecnología de bajo costo, no invasiva y amigable con el medio ambiente. Asimismo, pueden contribuir significativamente a la planeación, política pública y toma de decisiones de empresarios o instituciones públicas o privadas, para impactar favorablemente los sectores económico, ambiental y social.



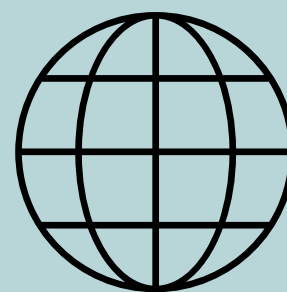
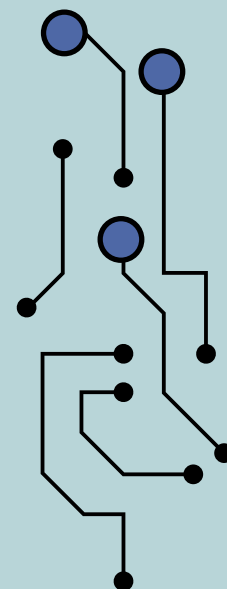
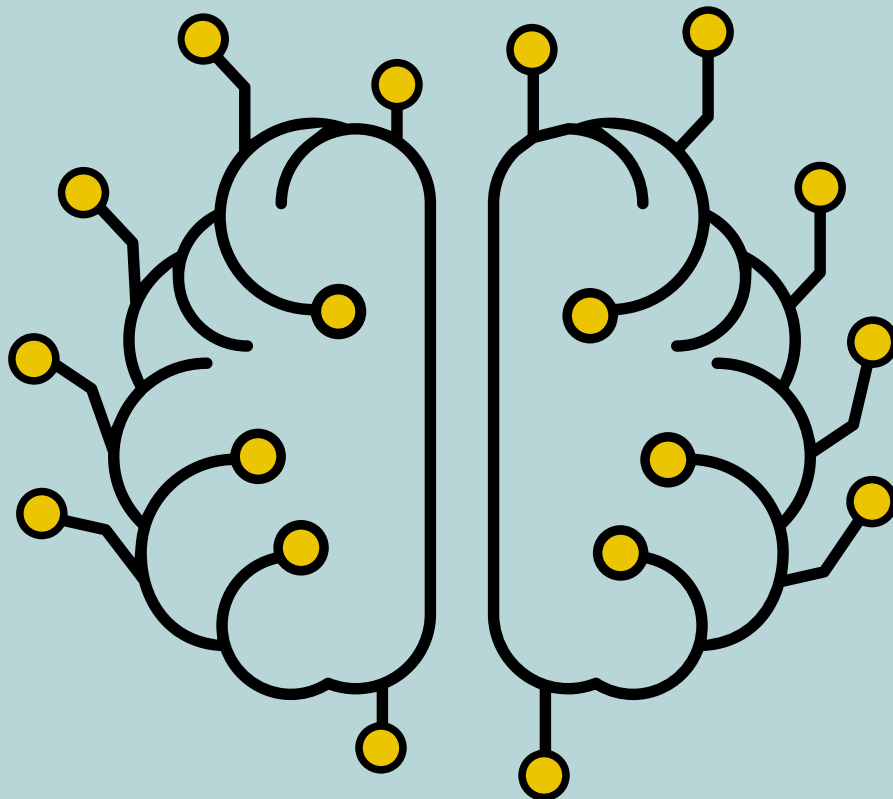
REFERENCIAS

- Angelopoulou, T., *et al.* (2019). Remote sensing techniques for soil organic carbon estimation: A review. *Remote Sensing*. 11(6):1-18. doi: 10.3390/rs11060676
- Instituto Geológico y Minero de España. (2007). *Procedimiento de digitalización de cartografía magna 1:50.000*. Edited by Implementa Systems.
- Poggio, L., *et al.* (2016). Bayesian spatial modelling of soil properties and their uncertainty: The example of soil organic matter in Scotland using R-INLA. *Geoderma*. Elsevier B.V. 277:69-82. Doi: 10.1016/j.geoderma.2016.04.026
- Xu, Y., *et al.* (2017). Incorporation of satellite remote sensing pan-sharpened imagery into digital soil prediction and mapping models to characterize soil property variability in small agricultural fields. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Inc. (ISPRS), 123:1-19. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.11.001



Opinión

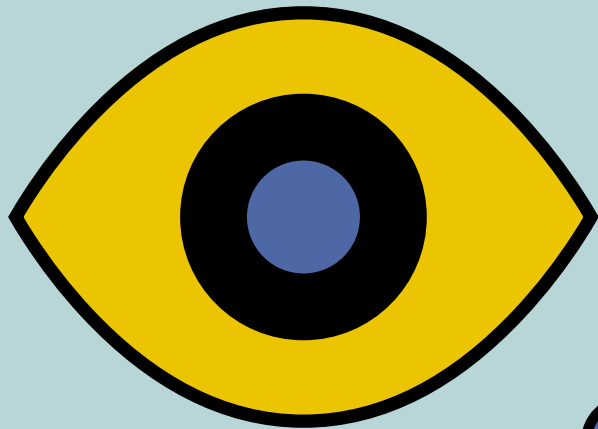
OPINIÓN



AUTENTICA UN HUMANOIDE NO

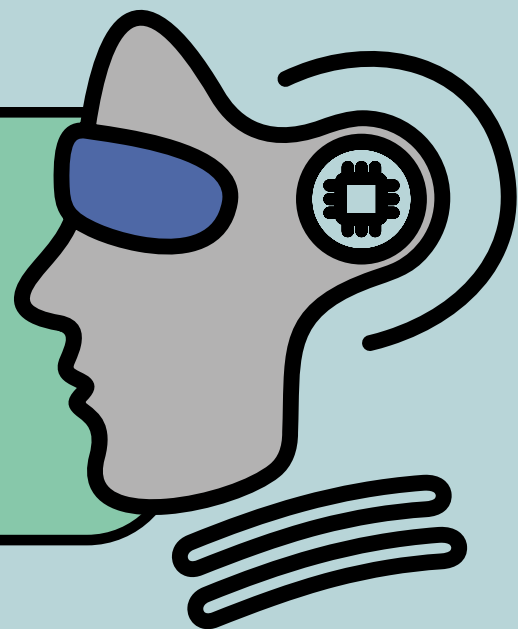
Aida A. Aparicio-Arroyo*, Iván Olmos-Pineda*, J.

* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
Contacto: aparicio.200806025@gmail.com



CIÓN FACIAL S PUEDE RECONOCER

Arturo Olvera-López*



EL AVANCE TECNOLÓGICO, UN PEQUEÑO VISTAZO

Gracias al avance tecnológico se han desarrollado dispositivos que sirven de apoyo en diferentes tareas cotidianas: teléfonos celulares, computadoras de escritorio y portátiles (herramientas de cálculo de propósito general), automóviles, e incluso diferentes tipos de robots (brazos articulados, exoesqueletos), entre otros. En el futuro, estos últimos tendrán un mayor grado de influencia, extendiendo

las aplicaciones con las que cuentan en la actualidad, no sólo en la industria (ensamble de diferentes tipos de objetos), o dentro del ámbito militar (búsqueda de explosivos), sino incluso en el área de la medicina (cirugías de alto riesgo). Un ejemplo de esto es el desarrollo de una prótesis robótica para quienes hayan perdido extremidades por algún accidente, la cual ejecuta de manera automática o a

través de estímulos biológicos o neuronales.

Incluso, se estima que en algunas décadas existan androides capaces de realizar labores de servicio y acompañamiento, así como en múltiples ocasiones se han mostrado en películas de ciencia ficción como *Yo robot*, *El hombre bicentenario*, *RoboCop* o *A.I. Inteligencia artificial*. En este sentido, es de especial interés para la robótica diseñar mecanismos capaces de interactuar de forma natural con los humanos como si se tratase de seres iguales.

Con base en esta idea, un robot puede llegar a tener un aspecto físico muy parecido al de un humano, e incluso puede imitar las expresiones faciales, se le conoce como humanoide (RH). Como el desarrollado por Wood *et al.* (2021), que sirve de ayuda en terapias de niños con autismo. En la figura 1 se muestra la imagen de un RH, diseñado por la empresa Hanson Robotics, donde se pueden



Figura 1. Arthur, robot humanoide propiedad de la BUAP, México.

observar los avances en la construcción de aparatos parecidos a un humano.

Los RH se diseñan a partir de un conjunto de circuitos electrónicos que permiten controlar servomotores que activan el movimiento de diferentes componentes, como la cabeza, brazos y piernas. En estas animaciones se incluyen, en algunos casos, las expresiones fisonómicas.

En la figura 2 se muestra la electrónica de un RH cuyos comandos de control son recibidos mediante una computadora externa. El ejemplo ilustrado tiene la capacidad de mover la cabeza, así como de generar expresiones faciales (movimientos de ojos, cejas, boca). Aunado a lo anterior, éstos suelen equiparse con sensores, micrófonos y cámaras de video que permiten adquirir datos del entorno. Con lo anterior se busca hacerlos más realistas, pues el objetivo es que puedan interactuar con los humanos de forma natural.

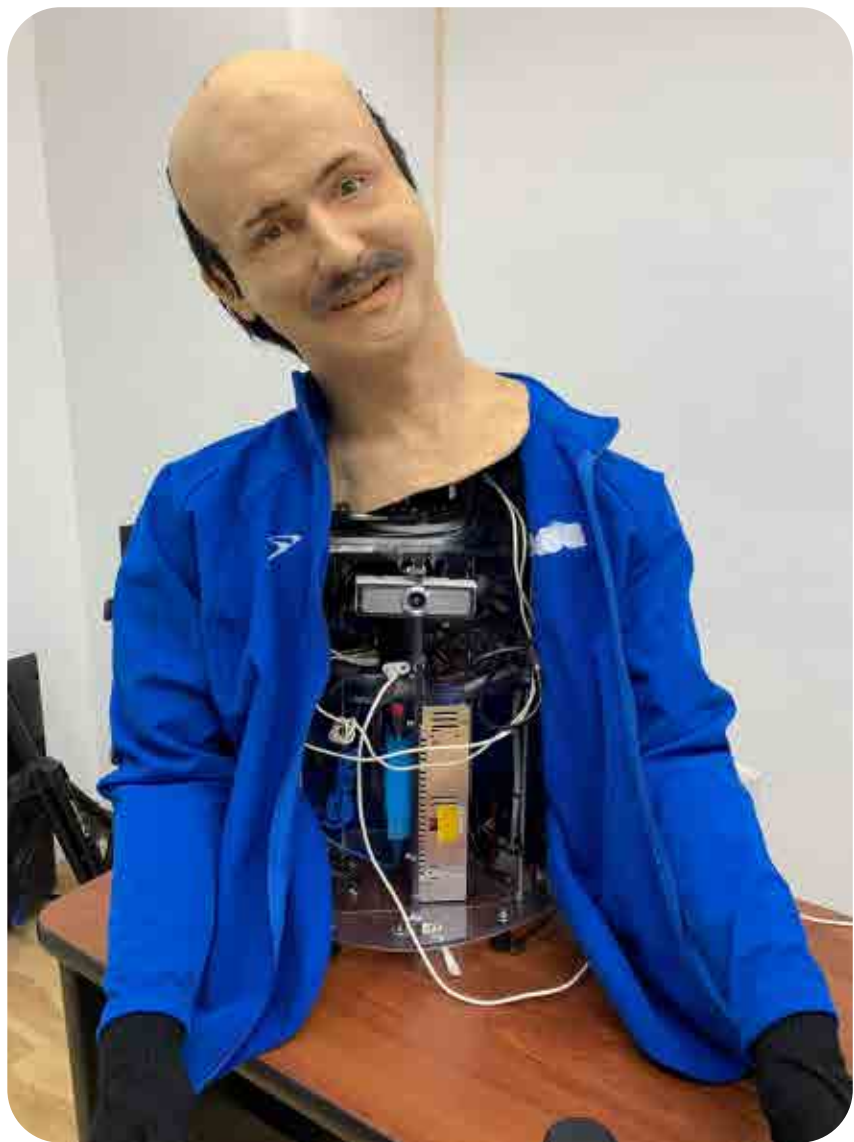
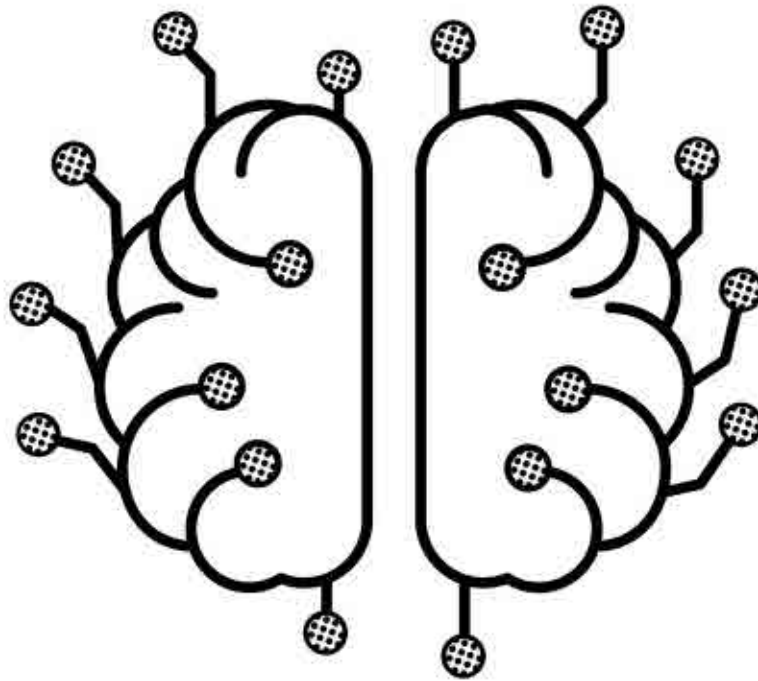


Figura 2. Un humanoide y sus componentes electrónicos.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL, EL FUTURO

Para lograr la integración de los humanoides en la vida diaria, aún hay que resolver muchas tareas. Por mencionar alguna: si se quiere que entable un diálogo en lenguaje natural con un humano, el aparato debe tener visión artificial, para poder ubicar a la persona con quien entable el diálogo; capacidad auditiva, para reconocer los sonidos que emite su interlocutor; léxico, para poder estructurar y emanar sonidos que representan las frases que desea expresar,

e incluso capacidad de movimientos corporales, que son usados por los humanos para enfatizar o no la comunicación.

Tomando en cuenta estas cuestiones, y enfocándose en el objetivo, el área de investigación de visión por computadora se encarga de procesar y analizar imágenes obtenidas a través de cámaras fotográficas o de video, las cuales son procesadas mediante la aplicación de algoritmos computacionales

para lograr diferentes metas: detectar objetos de interés en una escena (personas, animales), estimar trayectorias de objetos (conducción autónoma de vehículos), clasificar objetos (diferenciar uno de otro en una escena), entre muchas otras funciones.

Considerando las diferentes metas de la visión computacional, algunas aplicaciones de la detección de objetos es el reconocimiento facial y, por ende, la autenticación de seres humanos.

¿RECONOCER O AUTENTICAR PERSONAS?

Como se mencionó anteriormente, una de las tareas involucradas para el desarrollo de los sistemas a implementarse en un humanoide es la visión por computadora. En ésta existen diferentes áreas de interés como reconocer y autenticar; aunque podrían interpretarse como un mismo concepto o proceso, son totalmente diferentes. Reconocer responde a la pregunta ¿quién es la persona?; autenticar, ¿es quién realmente dice ser? (Jain *et al.*, 2011).

El proceso de autenticación consiste (figura 3), en

primer lugar, en la adquisición de un conjunto de imágenes de rostros de personas, de preferencia una cantidad numerosa de fotografías de la misma persona, con el objetivo de tener una buena muestra para el entrenamiento del clasificador; a este conjunto de cuadros se le realiza un preprocesamiento, con el fin de corregir algunas imperfecciones de calidad. Como segunda etapa se encuentra la extracción de los rasgos faciales de cada uno de los retratos de todos los sujetos de prueba, éstos son almacenados en

un vector particular, el cual puede contener desde tres hasta n características (en párrafos posteriores se comentará la importancia del número de particularidades a extraer).

Posteriormente, el vector es procesado en un clasificador para obtener un modelo de entrenamiento que será utilizado en la etapa final: la autenticación. En esta etapa, el modelo es probado con nuevas imágenes de rostros y el resultado será la autenticación del individuo a través de su fisonomía.

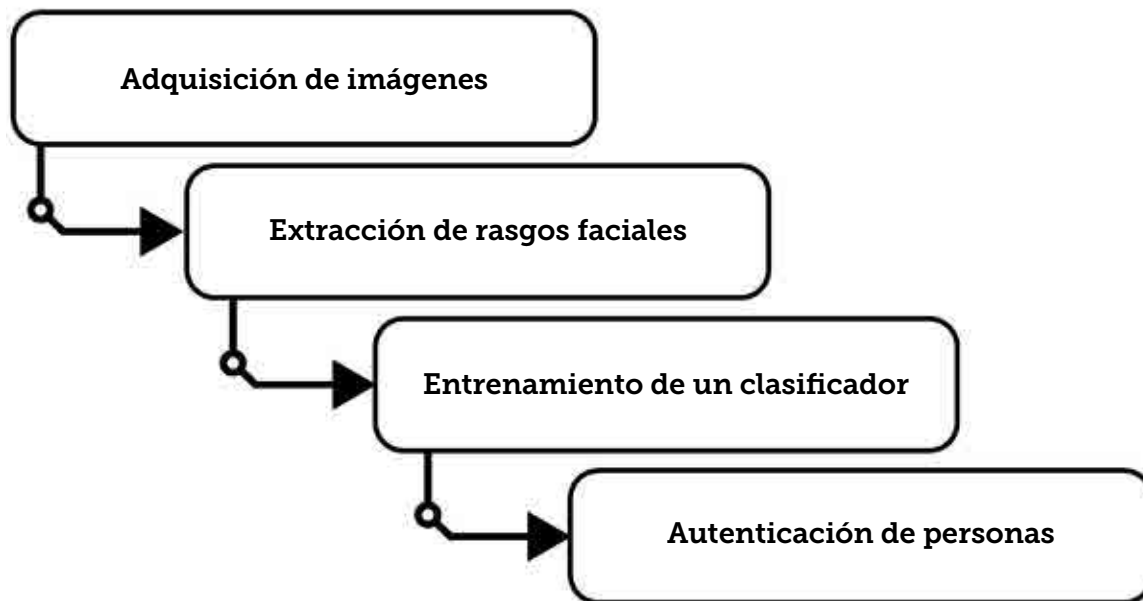
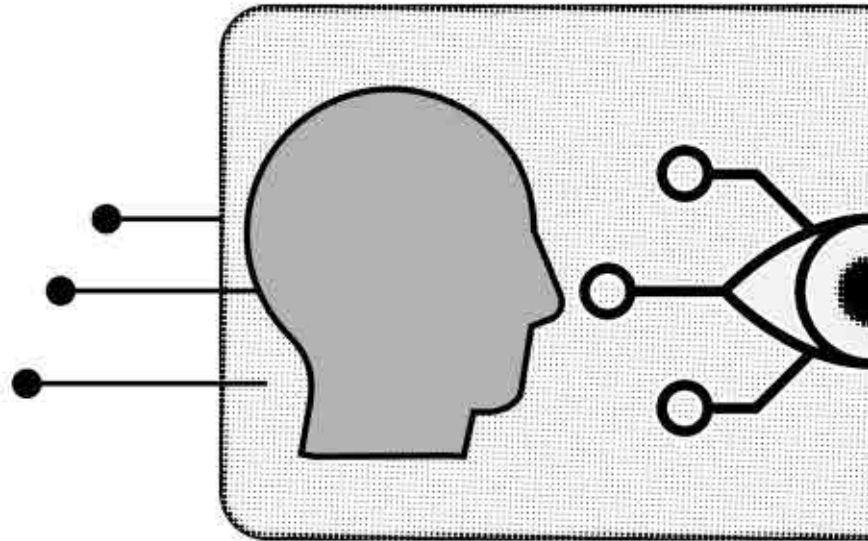


Figura 3. Diagrama general del proceso de autenticación.



AUTENTICACIÓN DE PERSONAS MEDIANTE RASGOS FACIALES

En esta área existen muchos autores con aportaciones relevantes. Uno de los pioneros es Woodrow Wilson B., quien desarrolló un sistema capaz de clasificar fotografías a partir de una tableta digital (RAND), en la que se podían ubicar en un plano las coordenadas de los ojos, la nariz, la boca y la línea del cabello. Este sistema guardaba esos puntos para usarlos después como referencia y así obtener un sistema manual que reconociera a las personas (Gates, 2011).

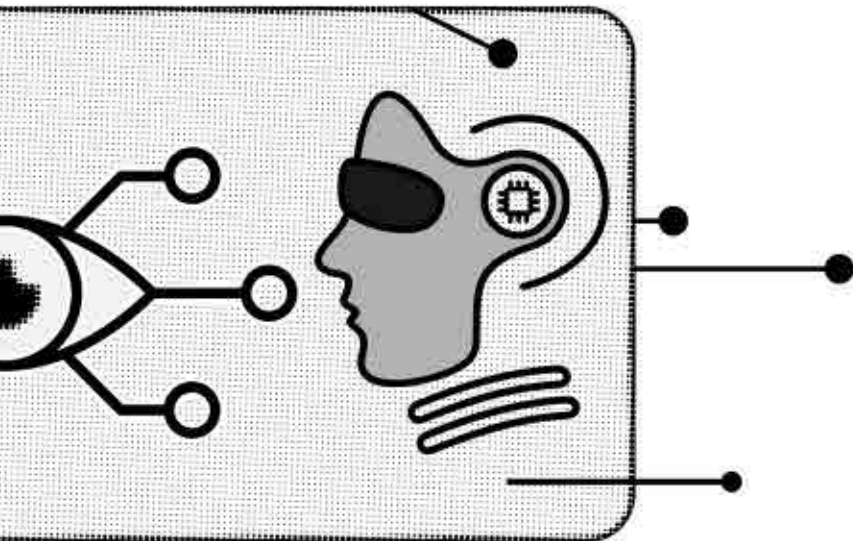
Con el transcurso de los años, el método se fue automatizando y se ha implementado en sistemas de seguridad que sirven para buscar delincuentes; Afra y Alhaji (2020), Awais *et al.*, (2019) y Jahan *et al.* (2020) han implementado diferentes técnicas de seguridad ba-

sadas en el reconocimiento facial. Cabe mencionar que este tipo de procedimientos trabajan bajo restricciones, como que quienes son fotografiados se deben encontrar a cierta distancia de la cámara y además viendo de frente a ella. De igual manera, se deben presentar otros factores, como una buena iluminación y que la cámara tenga buena resolución, condiciones que favorecerán el proceso de autenticación.

Una de las redes sociales más usadas a nivel mundial, Facebook, ha implementado un sistema de reconocimiento de caras usando como base de entrenamiento las fotografías de perfil de los usuarios y aquéllas en las que se han etiquetado esos usuarios de manera manual. Al igual que esta plataforma,

existen teléfonos celulares cuyos sensores proyectan más de 30,000 puntos invisibles, esto con el fin de generar una imagen de profundidad (3D), una infrarroja (captada por una cámara especial) y, posteriormente, un procesador convierte estos puntos en una representación matemática que se utiliza como característica a comparar con una nueva imagen de entrada, lo que desbloquea el teléfono (Apple, 2018).

Hay ejemplos más simples donde se realiza la detección de rostros, como con la cámara de algún dispositivo que cuente con esta opción: si la persona se encuentra de frente y con una buena iluminación, se detecta dónde está el rostro, pero si se encuentra de perfil o con alguna obstrucción, el dispositivo no la puede detectar.



NICHO DE OPORTUNIDAD

Aún existen algunos problemas por resolver. Como se mencionó, existen sistemas que pueden autenticar a las personas, pero tienen una buena precisión debido a las condiciones bajo las que trabajan, y gracias a la base de imágenes que se toma como entrenamiento, ya que, en su mayoría, las bases de datos que se encuentran en la red son de gente que está a la misma distancia con respecto a la cámara (de buena calidad), totalmente de frente a ella y con una buena iluminación.

En términos generales, las etapas más importantes para una buena autenticación son la extracción de fisionomías y la implementación del clasificador. Con la primera se hace referencia a obtener información relevante de ciertos aspectos de

la cara: la forma y el tamaño, color y textura de la piel, tamaño de la nariz, ojos y boca. El segundo se encarga de generar un modelo que relaciona la información de entrada (vector característico) respecto a la de salida.

Enfocándose en extracción de peculiaridades, se cuenta con diversas técnicas que implementan algoritmos digitales para llevarla a cabo; éstos se pueden dividir en tres secciones: basados en el análisis de textura, de imágenes en 3D y en subespacios.

La primera sección, como su nombre lo dice, analiza la textura (fina, suave, áspera, gruesa), es decir, el conjunto de patrones que se presentan en una región dentro del cuadro. El análisis de esta variable se puede realizar de manera global (en toda la re-

presentación) o de manera local (en pequeñas regiones; figura 4). La textura no solamente se puede analizar en imágenes planas (2D), también se puede analizar en 3D.

El análisis de imágenes en 3D aporta otro tipo de información en comparación con el 2D. Hay individuos que tendrán diferentes formas de nariz o los labios más prominentes que otros, incluso, hay quien tiene los ojos más salidos o hundidos que los demás y estas características se pueden medir a través de la profundidad, estos detalles se pueden obtener con el 3D. De igual modo, puede servir para analizar el tamaño, la forma y la simetría de algunas partes del cuerpo.

Por último, en la tercera sección, hay algunas técnicas que hacen un cambio de

color a los retratos con el fin de obtener otro tipo de datos, como analizar los valores de los píxeles con relación a la luminosidad o a la saturación que se presenta. Por otro lado, hay otras metodologías que cambian el espacio a analizar, es decir, reducen un

conjunto de componentes (elementos dentro de la fotografía) con la finalidad de eliminar factores redundantes y así agilizar el análisis.

Tomando en cuenta las diferentes tecnologías, las particularidades que se analizan

y el tipo de valores que proporciona cada una, los sistemas de autenticación por desarrollar deben generar una respuesta en un lapso corto, con el fin de simular el proceso que realiza el cerebro al momento de autenticar a alguien conocido.

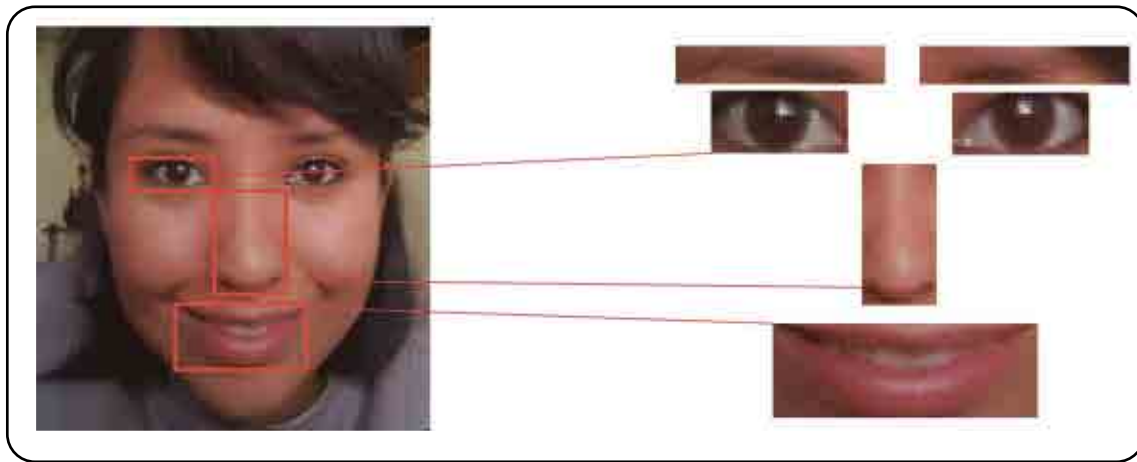


Figura 4. Análisis por regiones.

HUMANOIDES Y HUMANOS

Para que el humanoide realice la tarea de autenticación, se debe diseñar un sistema basado en los pasos mencionados, capaz de ubicar dónde se encuentran los rostros, extraer las características o los rasgos faciales más importantes, almacenar las que servirán para realizar una clasificación y posteriormente concluir con la autenticación.

Aquí es fundamental contar con un etiquetado previo, es decir, a cada uno de los cuadros adquiridos con anterioridad se le debe relacionar con una etiqueta, que en este caso sería el nombre de la o las personas a autenticar.

Hoy en día se sigue investigando cómo es posible que un RH pueda lograrlo sin la

necesidad de que los individuos se encuentren a cierta distancia, o que no necesariamente estén viendo de frente a la cámara. Aquí se toma en cuenta una serie de aspectos, como que si se está de perfil se tendría que hacer una rotación de la cara utilizando diferentes funciones, o partiendo de que ésta es simétrica, se podría trabajar con

la mitad del rostro e incluso hacer una reconstrucción en 3D. Otro punto a considerar es el diseño de un algoritmo capaz de detectar las caras en diferentes posiciones y a diferentes distancias.

Como ya se ha mencionado, lograr que un RH interactúe de forma natural con un humano plantea un sinnúmero de retos, en los que diferentes áreas como la visión computacional, la robótica, el procesamiento del lenguaje, entre otras, colaboran estrechamente. Respecto a las aplicaciones actuales, enfocándonos en humanoides, la empresa Hanson Robotics ha desarrollado diferentes prototipos, pero el más conocido es Sophia, que cuenta con inteligencia artificial (IA), procesamiento de datos visuales, reconocimiento y expresiones faciales, entre otras cosas. Para la etapa de autenticación utiliza una red neuronal convolucional (algoritmo basado en los impulsos neuronales biológicos). Sophia fue previamente entrenada con un conjunto de figuras etiquetadas, y con ayuda de las cámaras en su pecho y ojos puede lograr la tarea de autenticación y reconocimiento de las expresiones faciales (Hanson Robotics, 2019).

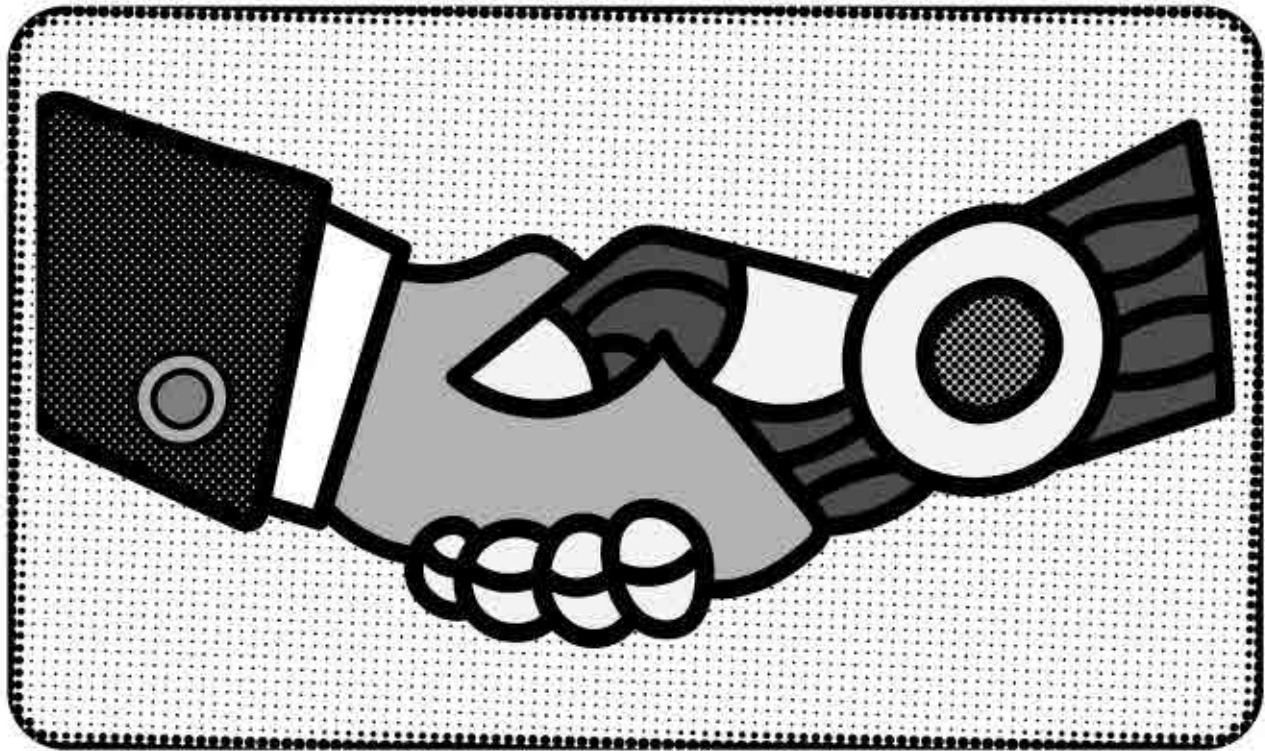
Al igual que ésta, hay empresas internacionales que han desarrollado diferentes humanoides. Como el presentado por Honda en 2000, actualizado en 2011 con sensores visuales y auditivos que le permiten reconocer los rostros y la voz (Honda, 2021). Otra muestra es DaL-e, desarrollado por Hyundai, cuyo objetivo es utilizarlo como herramienta en el servicio al cliente automatizado. DaL-e cuenta con tecnología de inteligencia artificial para el reconocimiento facial (Hyundai, 2021). Así como éstos, hay

muchos más que son comerciales o conocidos, pero hay otros que se encuentran en laboratorios de universidades o centros de investigación.

En particular, en este documento se ha presentado un panorama general de los desafíos que existen en el área de visión computacional para lograr que los RH puedan identificar y autenticar personas en su entorno cercano, así como lo hace el ser humano a través de la visión para poder interactuar de manera eficiente (figura 5).



Figura 5. Conociéndonos a través de la interacción.



CONCLUSIONES

Como se ha mencionado a lo largo de este texto, aún se sigue investigando en las diferentes áreas cómo lograr el objetivo de que un humanoide se pueda comportar lo más parecido a un humano, y es aquí donde aparece la inteligencia artificial. Actualmente, algunos sistemas de reconocimiento facial trabajan con la implementación de redes neuronales que, en conjunto con algunos algo-

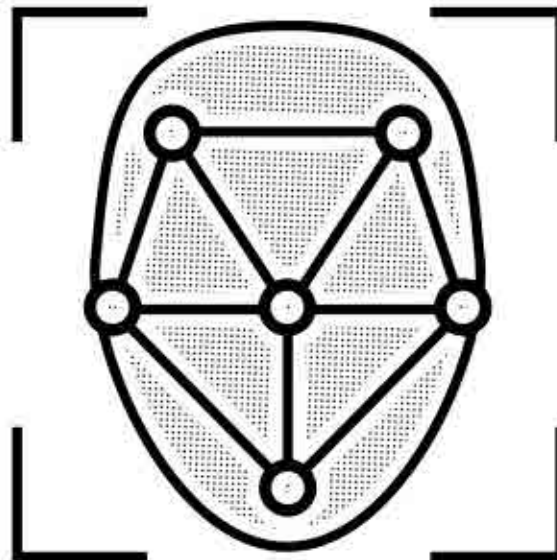
ritmos, realizan el reconocimiento.

Cabe destacar que una de las metas de estos sistemas es lograr un porcentaje alto de reconocimiento, pero también hay que tener en cuenta que el tiempo de ejecución debe ser reducido, y para llevarlo a cabo es necesario diseñar un método que sea capaz de reconocer o autenticar a la gente en un lapso corto.

Con el paso de los años, la robótica seguirá desarrollando máquinas que puedan realizar un mayor número de tareas similares a las que hacen los humanos de manera cotidiana, esto no quiere decir que en el futuro puedan sustituirnos por completo, pero habrá trabajos o acciones en las que ellos obtendrán un resultado más preciso en comparación con lo realizado por nosotros.

REFERENCIAS

- Afra, S., y Alhaji, R. (2020). Early warning system: From face recognition by surveillance cameras to social media analysis to detecting suspicious people. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 540:123151.
- Apple. (2018). *Acerca de la tecnología avanzada de Face ID*. Disponible en: <https://support.apple.com/es-mx/HT208108>
- Awais, M., Iqbal, M.J., Ahmad, I., et al. (2019). Real-time surveillance through face recognition using HOG and feedforward neural networks. *IEEE Access*. 7:121236-121244.
- Gates, K.A. (2011). *Our biometric future: Facial recognition technology and the culture of surveillance*. NYU Press: EE UU.
- Hanson Robotics. (2019). *The Making of Sophia: Facial Recognition, Expressions and The Loving AI Project*. Disponible en: <https://www.hansonrobotics.com/the-making-of-sophia-facial-recognition-expressions-and-the-loving-ai-project/>
- Honda. (2021). *ASIMO, el robot humanoide más avanzado del mundo*. Disponible en: <https://www.honda.mx/asimo>
- Hyundai. (2021). *Hyundai Motor Group Introduces Advanced Humanoid Robot 'DAL-e'*. Disponible en: <https://www1.hyundai.news/uk/brand/hyundai-motor-group-introduces-advanced-humanoid-robot-dal-e/>
- Jahan, N., Bhuiyan, P. K., Moon, P.A., et al. (2020). Real Time Face Recognition System with Deep Residual Network and KNN. In *2020 International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, IEEE, 1122-1126.
- Jain, A.K., Ross, A.A., y Nandakumar, K. (2011). *Introduction to biometrics*. Springer Science & Business Media.
- Wood, L.J., Zarak, A., Robins, B., y Dautenhahn, K. (2021). Developing kaspar: a humanoid robot for children with autism. *International Journal of Social Robotics*. 13(3):491-508.





Ejes

MODELADO COMPUTA

UNA HERRAMIENTA PARA COMPRENDER LA CIENCIA

EJES



Karla Silván-Díaz*, Guillermo Carbajal-Franco*

* Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca, Metepec, México.
Contacto: ksilvand1@toluca.tecnm.mx

ACIONAL

IA DE LOS MATERIALES



Para entender el impacto y las bondades del modelado de materiales mediante cálculos informáticos es necesario ubicar la trascendencia de los resultados obtenidos por estos métodos; la forma tradicional (hasta hace unos años) de investigación de materiales nuevos y sus propiedades era el trabajo en laboratorio con la inversión de recursos humanos y financieros. El modelado computacional cambia el paradigma introduciendo la experimentación mediante software, en el que se plantean sistemas y se prueban sus resultados a través de cálculos matemáticos, contribuyendo de esta forma a comprender la ciencia de los materiales. Una gran ventaja de esta forma de operación es que además de calcular la probabilidad de ocurrencia de una reacción, por ejemplo, proporciona datos de las propiedades de los materiales reactivos, así como de los producidos; información que tradicionalmente se obtiene de la caracterización llevada a cabo después de la obtención de éstos.

Para ilustrar lo anterior se utilizará como ejemplo la reacción de síntesis de la goetita $\text{FeO}(\text{OH})$, la fase alfa del hidróxido de hierro y principal precursora del óxido de hierro III, también en fase alfa, de gran valor por sus propiedades; estos últimos han cobrado relevancia como catalizadores y fotocatalizadores, cuyas reacciones presentan una gran compatibilidad con los métodos químicos empleados comúnmente para la elaboración de nanomateriales, además ofrecen una amplia gama de aplicaciones como catalizadores en procesos de oxidación química para tratamiento de aguas contaminadas (Shu-Sung y Mirat-Gurol, 1998), fotocatalizadores para fotodisociar la molécula de agua (Seriana, 2017; Long, *et al.*, 2016), electrodepósitos para división de agua fotoelectroquímicamente (Arriaga-Arjona y Carbajal-Franco, 2017), entre muchas más.

El objetivo de la herramienta DMol³ basada en DFT (*Density Functional Theory*), incluida en el software Material Studio, es modelar procesos químicos y contribuir al entendimiento de las propiedades de los materiales de forma rápida y precisa, con un menor tiempo computacional, pero con una gran precisión de la Mecánica Cuántica. DMol³ está diseñada para brindar de-



talles de cálculos de potencia, de frecuencias vibratorias, propiedades termodinámicas, masa de los átomos y fuerzas de los enlaces, para identificar modos de curvatura negativa y localizar estados de transición.

El modelado molecular de procesos químicos es una alternativa para obtener detalles que no se logran a través de técnicas experimentales. La DFT es un método de cálculo de estructuras electrónicas, considera una nube electrónica (densidad de electrones), como se puede observar en la figura 1, en lugar de deducirlas por cada electrón y sus variables espaciales representadas en x , y , z . La DFT trae consigo el empleo de menor tiempo computacional al considerar la densidad electrónica en lugar de electrones individuales.

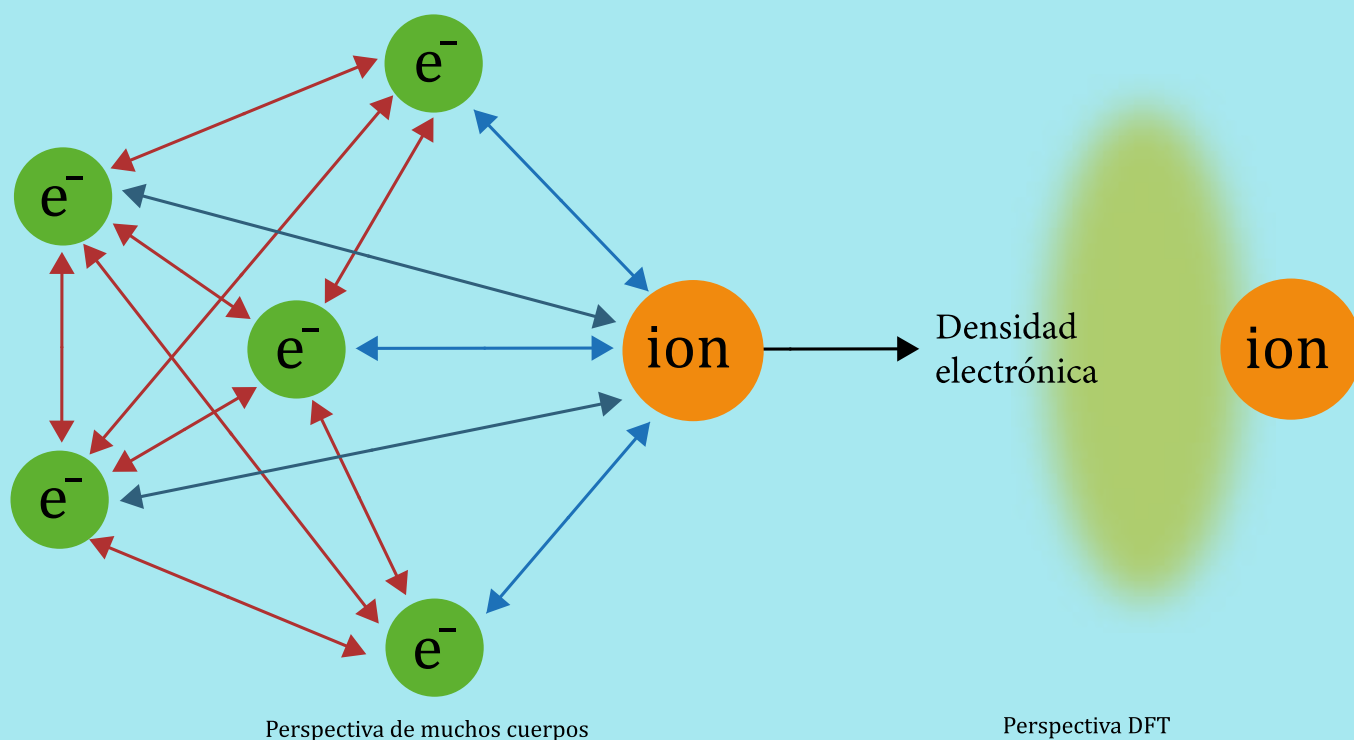


Figura 1. Teoría funcional de la densidad (DFT).

Una manera para determinar la interacción electrostática de la molécula con el disolvente es COSMO (*Conductor-like Screening Model*), un tipo de solvatación continua; en éste la molécula abre paso para crear una cavidad en el solvente, las distribuciones de carga polarizan dieléctricamente el medio y genera una polarización sobre la superficie de la cavidad. COSMO deriva las cargas de polarización a partir de una aproximación de conductor escalado, bajo la premisa de que si se conoce la distribución de carga eléctrica en la molécula, entonces es posible calcular la carga en segmentos de la superficie.

El estudio DOS (*Density of States*) es un concepto matemático y contribuye a entender los cambios causados por factores externos en

estructuras electrónicas. Un cálculo de orbitales brinda información que incluye: orbital molecular ocupado más alto, HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*), orbital molecular desocupado más bajo, LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*), y el *spin* del orbital. Durante el curso de una reacción química para obtener FeO(OH), la potencia total cambia naturalmente, comenzando con los reactivos va en aumento hasta un punto máximo y luego disminuye a la de los productos; en la activación será la máxima a lo largo de la reacción química para obtener FeO(OH); a la estructura correspondiente a ésta se le conoce como TS (*Transition state*); los estados de transición tienen altas energías, debido a que los enlaces deben romperse antes de formar nuevos (Maquez *et al.*, 2016). TS es un punto estacionario, como un máximo de

fuerza en dirección de la coordenada de reacción, en dicho punto se asume que los reactantes colisionan o se deforman a un estado inestable, dando paso a la formación de productos.

Para encontrar TS se aplican comúnmente algoritmos LST (*Synchronous Transit Method*) y QST (*Quadratic Synchronous Method*), que proporcionan estimaciones MEP (*Minimum Energy Pathway*); una vez encontrado TS se puede realizar una optimización que dará oportunidad a predecir barreras de reacciones químicas y determinar vías de reacción (Solis Calero, 2013).

Investigaciones anteriores se han enfocado en identificar mediante DFT qué fase de FeO(OH) es más competente en la fotodisociación de agua

(Zhenxiong *et al.*, 2019); utilizando algoritmos LST/QST/CG calcularon una TS tardía endotérmica y de rápida cinética, y propusieron incorporar surfactantes para controlar el crecimiento de partículas (Maquez *et al.*, 2016).

Es de suma importancia el análisis molecular de una reacción para obtener FeO(OH), ya que es uno de los óxidos de hierro más importantes empleados como adsorbentes y como soporte de catalizadores en incontables reacciones; en particular, la que se estudia en este trabajo se llevó a cabo mediante la reacción del cloruro de hierro III e hidróxido de amonio (figura 2a). El objetivo principal es obtener el estado de transición de una reacción para obtener FeO(OH) mediante DFT.

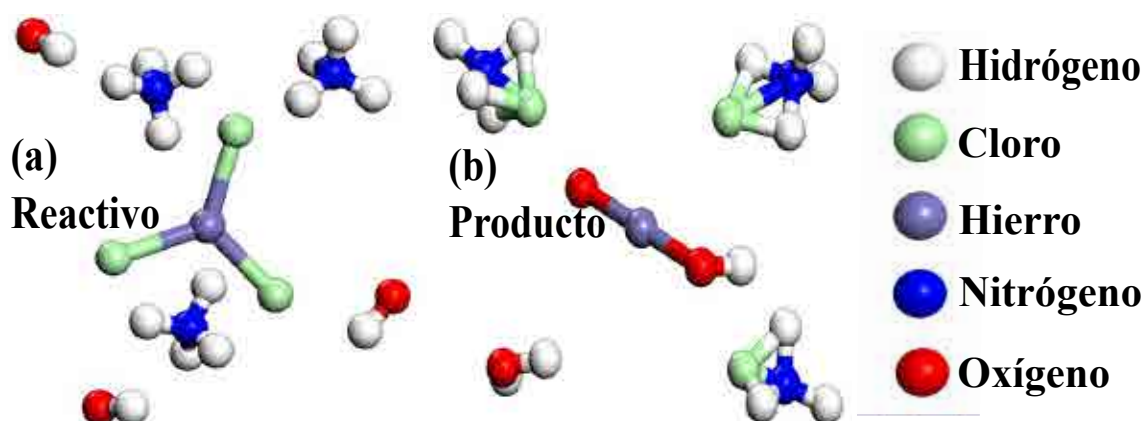
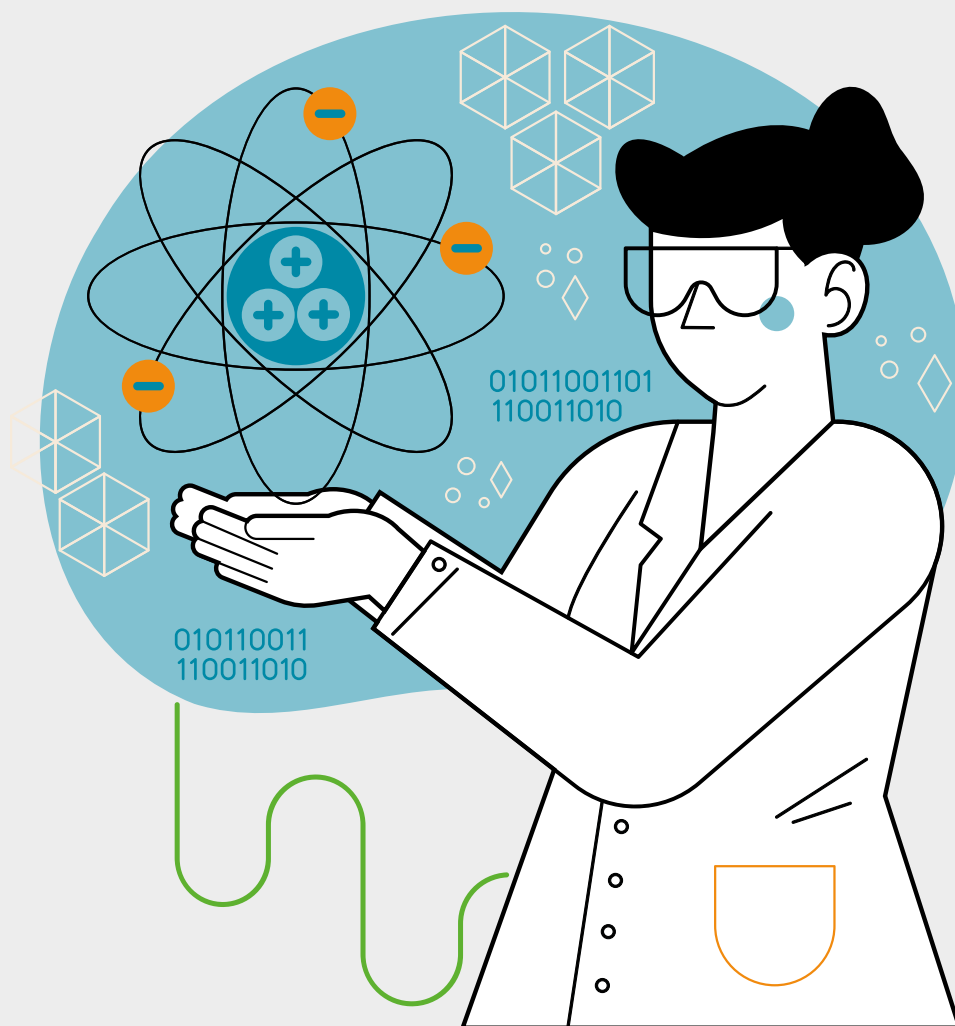


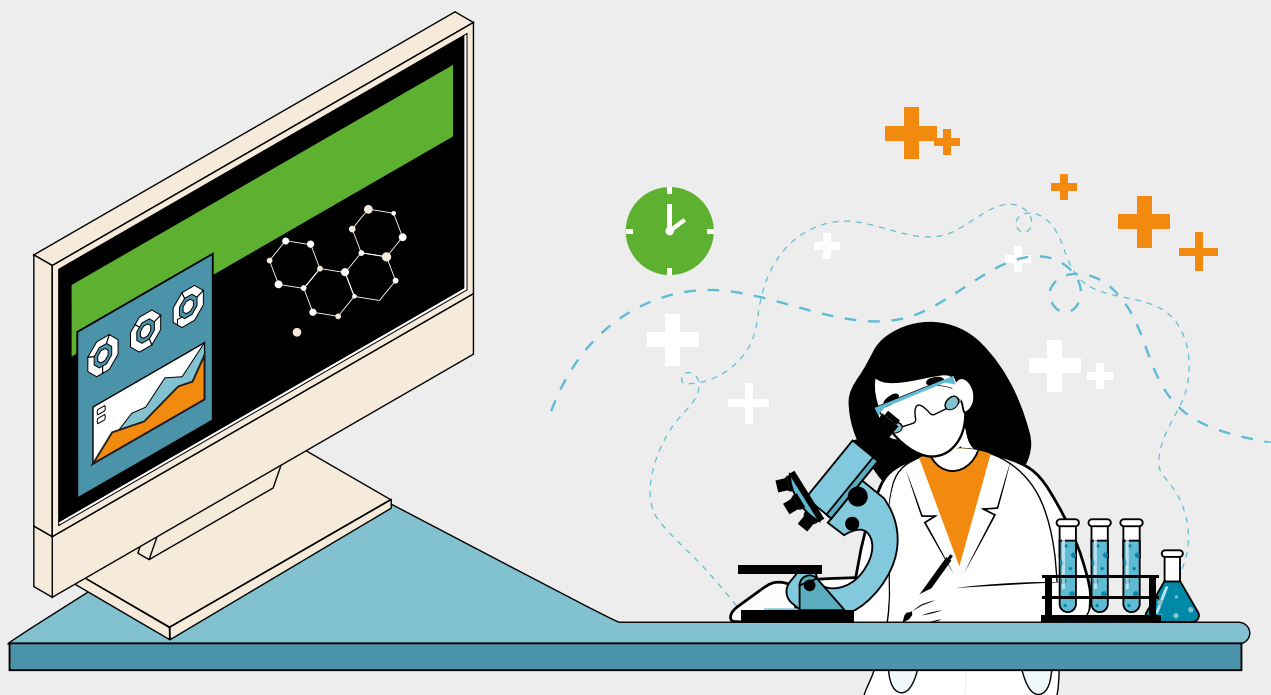
Figura 2. Estructura molecular del (a) reactivo $\text{FeCl}_3 + 3\text{NH}_4\text{OH}$, (b) producto $\text{FeO(OH)} + 3\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$.



METODOLOGÍA

Todos los cálculos se realizaron con el paquete de programas DMol³ (McNellis *et al.*, 2009). Se construyeron modelos del reactivo del producto (figura 2) optimizados geoméricamente. La optimización geométrica fue llevada a cabo con una tolerancia de 1.0×10^{-4} Ha, función de correlación de intercambio GGA-PBE, tolerancia SCF de 1.0×10^{-4} eV, un *orbital cutoff* 3.5Å y utilizando COSMO, agua como solvente, con constante dieléctrica de 78.54. Para determinar la ruta de

reacción TS se usaron los modelos de reactivo y producto optimizados, haciendo coincidir aquellos átomos equivalentes en de reactivo con el de producto. Para el cálculo TS se emplearon algoritmos LST/QST bajo las siguientes condiciones: protocolo de búsqueda completo LST/QST, convergencia RMS de 0.02 Ha/Å, función de correlación de intercambio GGA-PBE, tolerancia SCF de 1.0×10^{-4} eV, *smearing* de 0.015 Ha, agua como solvente con constante dieléctrica de 78.54.



RESULTADOS

Las longitudes de los enlaces de las moléculas optimizadas son de 0.981 Å, 2.215 Å y 1.031 Å en los enlaces O-H, Fe-Cl, N-H, respectivamente, con $\Delta E = -0.07725$ Ha (figura 3a) en los reactivos; mientras que las longitudes de los enlaces en el modelo del producto son de 1.676 Å, 1.823 Å, 0.981 Å, 1.033 Å y 1.305 Å para enlaces O-Fe,

Fe-O, O-H, N-H y H-Cl, respectivamente, con $\Delta E = -2.60836$ Ha (figura 3b). En comparación con lo reportado (Chatterjee, 2012), las longitudes de los enlaces O-H y N-H presentan una variación de ~2%, el enlace H-Cl presenta una variación de ~3%, y el enlace Fe-Cl presenta una variación de ~35%.

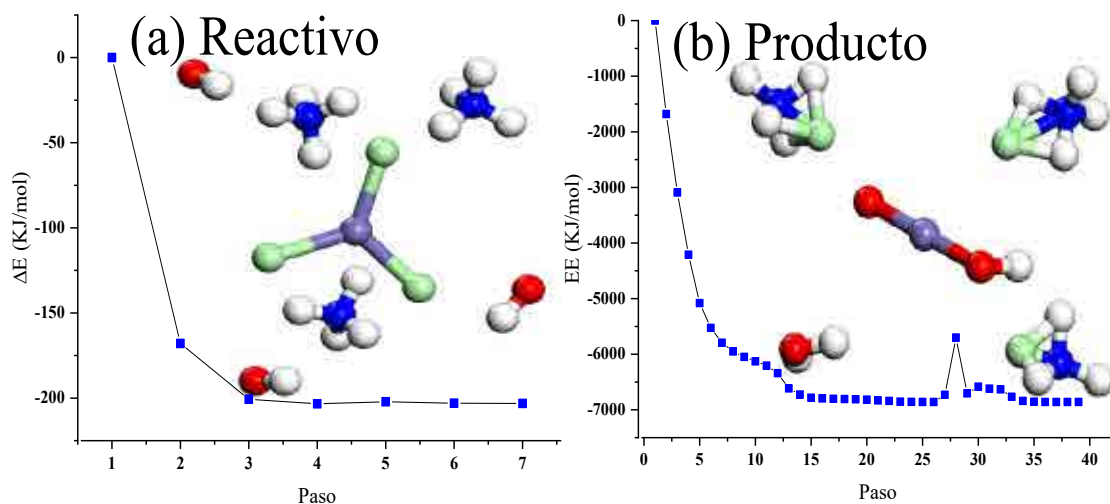


Figura 3. Cambios de fuerza para obtener geometrías optimizadas y estables del reactivo (a) y del producto (b).

El orbital molecular HOMO tiene una energía de -0.131 Ha o -3.554 eV; el LUMO, 0.0112 Ha o 0.303 eV. La diferencia entre la estructura molecular del reactivo y la estructura molecular del estado de transición es $\Delta E=0.03689$ Ha (energía de activación), con una coordenada de reacción 0.48, y la diferencia entre el reactivo y el producto es $\Delta H= -0.08970$ Ha (figura 4). Crayton (2002) reporta el comportamiento molecular mediante estados de transición de la goetita con una energía de activación con velocidad asociada al TS de $\sim 28\pm 11$ KJ/mol. Navakova *et al.* (2012) obtuvieron goetita mediante precipitación

química del FeCl_3 con adición de sustancias tensoactivas; para explicar que el tamaño y crecimiento de las partículas de goetita afectan la adición de sustancias, llevaron a cabo estudios de espectroscopía y análisis termomagnético.

El TS de nuestro sistema presentó un nivel más alto de energía que los reactivos y los productos; la diferencia o el incremento de ésta entre el reactivo y el TS (ΔE) es relativamente muy pequeña; las moléculas reaccionantes son energéticamente favorecidas para escalar la barrera de potencia (0.03689 Ha), y llegar de una forma rápida al TS.

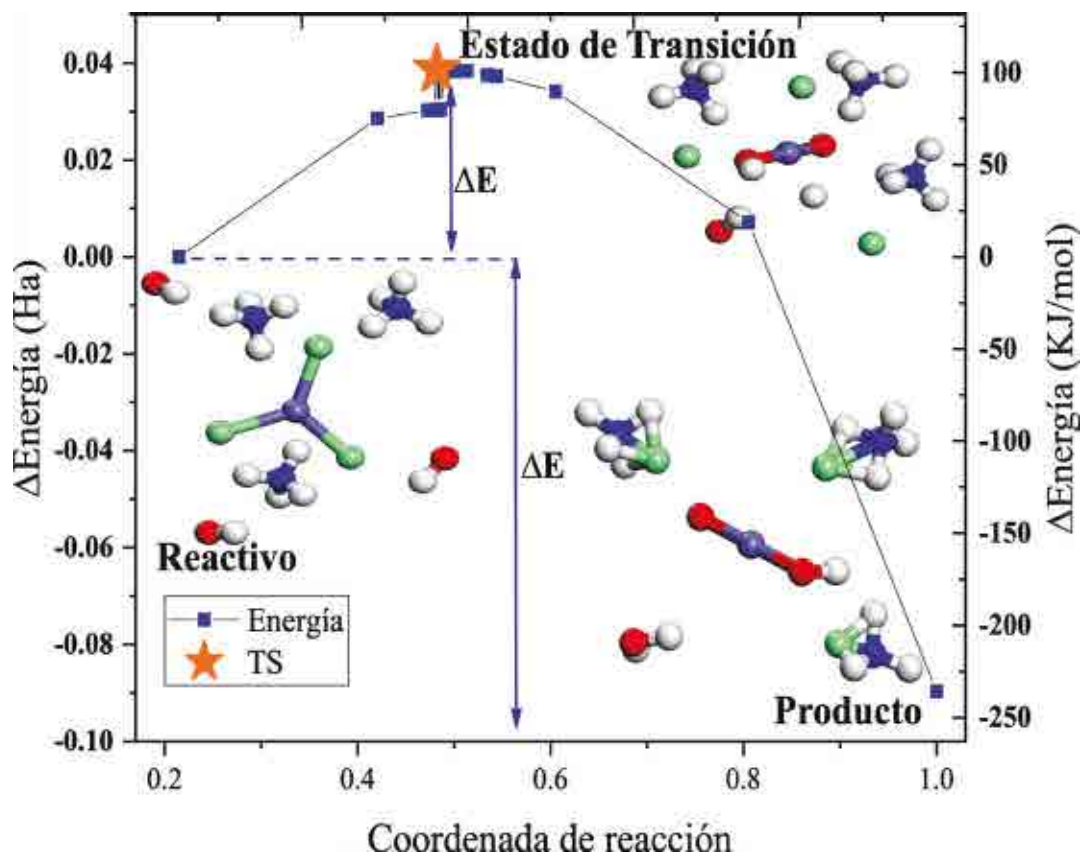
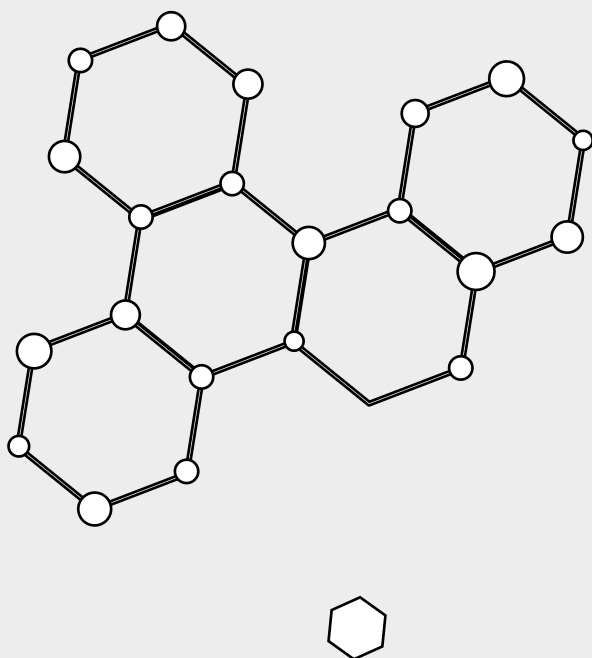


Figura 4. Gráfica TS de una reacción para obtener $\text{FeO}(\text{OH})$, con coordenada de reacción 0.48



CONCLUSIONES

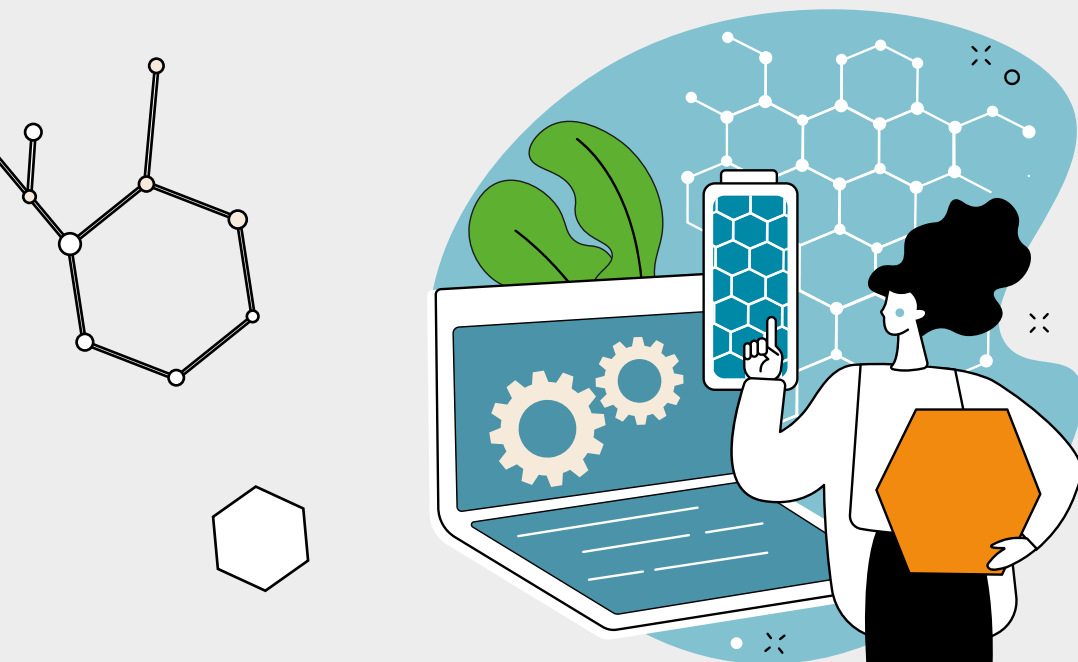
Mediante el uso del programa DMol³ se realizó el modelado molecular de una reacción para obtener FeO(OH); los resultados concuerdan grandemente con los experimentales de laboratorio.

Se atribuyen los resultados al uso del método COSMO, se empleó agua como solvente. Tomando en consideración que la diferencia entre la energía potencial del reactivo y la del producto es negativa, se concluye que es una reacción endotérmica, el sistema simulado absorbió calor del entorno. Los incrementos de la misma que mostró el sistema de reactivos y productos nos proporciona información adicional, la cual considera que es fácil regresar de un estado final a uno inicial (reacción reversible), ya que, como era de esperarse, el TS de nuestro sistema está en un nivel más alto de fuerza que la de los reactivos y la de los productos; se considera este incremento entre el reactivo y el TS relativamente muy pequeño, se concluye que las moléculas son

favorecidas para escalar la barrera energética y llegar fácilmente a un estado de transición.

Comparando los resultados reportados en Maquez *et al.* (2016), quienes reportan un mayor uso de energía de transición; el menor uso de ésta se atribuye a que se empleó como solvente implícito en COSMO, las distribuciones de cargas del soluto polarizan el medio dieléctrico de la superficie, por lo que disminuye la demanda para la obtención de FeO(OH).

La realización de este trabajo pone de manifiesto la importancia de la aplicación del modelado molecular como una herramienta de aprendizaje a bajo costo para entender la química a niveles básicos. La DFT es una teoría que coloca en la cima los avances en las soluciones aproximadas de la rama de la ciencia que describe el comportamiento de la materia a nivel microscópico (Mecánica Cuántica).



AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Guillermo Carbajal Franco por brindarnos todo su conocimiento y ofrecernos el equipo necesario para desarrollar el modelado computacional aplicado; al Conacyt por la beca otorgada, al TecNM y al ITTOL por el apoyo brindado y a la familia, por ese apoyo incondicional.

REFERENCIAS

- Arriaga Arjona, L., y Carbajal Franco, G. (2017). Zinc oxide-iron-aluminum nanostructured cover for photoelectrochemical water splitting. *Materials Research Society*. 2:2707-2711.
- Chatterjee, S. (2012). *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*. West Bengal: Discovery Publishing House PVT. LTD.
- Crayton, J. (2002). A model for 18O/16O variations in CO₂ evolved from goethite during the solid-state FeOOH to Fe₂O₃ phase transition. *Geochimica et Cosmochimica*. 67(11):1991-2004.
- Katrin, O., Wolfgang, W., y Schmahí, R. (2012). Density functional theory study of water adsorption on FeOOH surfaces. Germany: Surface Science.
- Long, Z., Fangyuan, X., y Meng, Q. (2016). The adsorption and dissociation of water molecule on goethite (010) surface: A DFT approach. *Applied Surface Science*. 392:760-767.
- Maquez, M., Carbajal-Franco, G., y Pacheco, J. (2016). Estado de transición de la reacción de síntesis de goetita mediante simulación molecular. *Revista de Simulación y Laboratorio*. 3:24-32.
- McNellis, E., Meyer, J., y Baghi, A.D. (2009). Stabilizing a molecular switch at solid surfaces: A density functional theory study of azobenzene on Cu(111), Ag(111), and Au(111). *Physical Review B*. 80(3):3-15.
- Novakova, A., Antonov, A., Gendler, T., et al. (2012). The influence of surface active substances various concentrations on goethite nanoparticles magnetic properties. *Solis State Phenomena*. 190:447-450.
- Seriana, N. (2017). Ab Initio simulations of water splitting on hematite. *Journal of Physics: Condensed Matter*. 29(46):3002.
- ShuSung, L. y Mirat Guro, D. (1998). Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide on Iron Oxide: Kinetics, Mechanism, and Implications. *Environmental Science & Technology*. 32(10):1417-1423.
- Zhenxiang, H., Fengshuang, H., Mingtao, L., et al. (2019). Which phase of iron oxyhydroxides (FeOOH) is more competent in overall water splitting as a photocatalyst, goethite, akaganeite or lepidocrocite? A DFT-based investigation. China: Computational Materials Science.



SECCIÓN ACADÉMICA

**Responsabilidad social universitaria:
desarrollo y entrega de una prótesis de
brazo mioeléctrico**



Responsabilidad social universitaria: desarrollo y entrega de una prótesis de brazo mioeléctrico

Dina Elizabeth Cortes Coss*, Yadira Moreno Vera*, Agustín Cortes Coss*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.116-1>

RESUMEN

La cuarta revolución industrial trajo consigo la integración de diversas habilidades permeables, mismas que, orientadas a estudiantes de perfiles de ingeniería, mantienen una visión integral que permite ofertar una educación interdisciplinaria. Gracias a lo anterior, estudiantes de asignaturas como Mecatrónica puedan diseñar, elaborar y adaptar prótesis para pacientes amputados dentro de su formación científica y social, ampliando el campo de estudio a una aplicación práctica que permita fomentar la responsabilidad social universitaria. Dicha transversalidad permite que los estudiantes de Mecatrónica sean empáticos y que a su vez puedan vincular las tecnologías que promuevan el compromiso social.

Palabras clave: responsabilidad social universitaria, prótesis mioeléctrica, estudiantes de Mecatrónica, desarrollo tecnológico, calidad de vida.

ABSTRACT

The fourth industrial revolution achieved the integration of various permeable skills, which aimed at students with engineering profiles, maintain a comprehensive vision that allows offering an interdisciplinary education. Thanks to the above, students of subjects such as Mechatronics can design, develop and adapt prostheses for amputee patients within their scientific and social studies training, expanding the field of study to a practical application that allows promoting university social responsibility. This transversality allows Mechatronics students to be empathetic and, in turn, to link technologies that promote social commitment.

Keywords: university social responsibility, myoelectric prosthesis, mechatronics students, technological development, quality of life.

Las prótesis mioeléctricas son controladas por un medio externo que sintetiza las señales y las envía a la tarjeta de control. Éstas tienen el más alto grado de rehabilitación ya que no requieren de arneses o medios de suspensión. El fundamento es que al contraerse el músculo se generará una señal eléctrica de contracción pequeña que puede

ser registrada mediante sensores que entran en contacto con la piel.

La prótesis de brazo ha constituido desde siempre un objeto de investigación tanto de la Medicina como de la Ingeniería Mecánica. Ésta se encuentra dirigida a la recuperación de esa

* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: dina.cortescs@uanl.edu.mx

parte del cuerpo humano, con el fin de restaurar su funcionalidad permitiendo la manipulación de objetos. La pericia proporcionada por la mano humana es vital para el desarrollo de actividades laborales, recreativas y de comunicación; la rehabilitación por medio de miembros artificiales potencia dicha actividad al emular el funcionamiento de los naturales e impacta fuertemente en la calidad de vida del paciente que los ha perdido.

Tras la incorporación de habilidades blandas que trajo consigo la cuarta revolución industrial, el desarrollo de las prótesis como objeto de práctica en clase es tan sólo una de las condiciones para llevar a cabo dicha experiencia. En la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME), de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), el trabajo teórico y práctico es vinculado a la coordinación de estrategias inclusivas para que los prototipos sean canalizados a pacientes que requieran dicha implementación, logrando fomentar la responsabilidad social universitaria.

RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Para Vallaeys y Álvarez (2019) la responsabilidad social universitaria (RSU) es “una nueva política de gestión universitaria para responder a los impactos organizacionales y académicos de la universidad”. La RSU aplicada a los sectores educativos adquiere un compromiso unilateral

que demanda a las instituciones que replanteen sus presupuestos epistémicos y su currículo para presentar una alternativa que permita establecer pasos académicos frente a las crisis de la sociedad.

Una universidad socialmente responsable es aquélla que garantiza que el egresado y los resultados de las investigaciones que presentan sean legítimos, es decir, que sean científicamente confiables y no sólo un simple requisito (Vallaeys, 2014).

FORMACIÓN INTEGRAL DE INGENIEROS Y HABILIDADES BLANDAS

La presente era demanda profesionales altamente efectivos, idóneos para concertar sus conocimientos técnicos con sus aptitudes socioemocionales orientadas a la resolución de problemas; éstas son conocidas como habilidades blandas, relacionales, transversales, no cognitivas o competencias para el siglo XXI.

Millalén (2017) sostiene que son aquellas capacidades que promueven el desempeño laboral de los egresados bajo esta instrucción, incluyen destrezas sociales e interpersonales, es decir, la permeabilidad de trabajar en ambientes diversos y la capacidad de transpolar lo aprendido a un campo social.

En la tabla I se recoge la valoración que la industria le asigna a estas cualidades.

Tabla I. Valoración porcentual de las habilidades blandas (Aasheim, *et al.*, 2009).

HABILIDAD	ESCALA DE 1 A 5
Honestidad/integridad	4.62
Comunicación efectiva	4.54
Pensamiento crítico	4.51
Trabajo en equipo	4.49
Competencias interpersonales	4.37
Motivación	4.37
Flexibilidad/adaptabilidad	4.33
Pensamiento creativo	4.18
Eficacia organizativa	4.17
Conocimientos técnicos	3.92

Como es perceptible, las aptitudes socioemocionales son esenciales para el desarrollo personal, la socialización y el éxito laboral. En el contexto educativo, el objetivo es que los estudiantes adquieran simultáneamente

competencias técnicas y destrezas blandas; por consiguiente, dichas capacidades no sólo debieran aprenderse en contextos académicos, sino también fuera de ellos, por ejemplo, en la vida personal y social.

CONJUNCIÓN DE HABILIDADES BLANDAS Y DISEÑO DE UN BRAZO MIOELÉCTRICO

El propósito del programa educativo de Ingeniero en Mecatrónica ofertado en la FIME-UANL es preparar profesionales que se incorporen a los acelerados progresos y cambios de la tecnología (UANL, 2021); el objetivo particular es innovar las tecnologías existentes y asimilar las emergentes para resolver problemas de ingeniería que involucren el diseño de dispositivos complejos y máquinas inteligentes de acuerdo con los requerimientos sociales; permitiendo la innovación de tecnologías propias y su adaptación al desarrollo de nuevos procesos, productos y servicios para la integración de dispositivos, como las prótesis que sustituyan la falta de una extremidad del cuerpo humano, permeando con lo anterior el desarrollo de habilidades blandas y la RSU.

METODOLOGÍA

Para este proyecto se utilizó la metodología de solución problémica, en la que dentro de las aulas se fortaleció la práctica de estudiantes de Mecatrónica en laboratorios que permitieron desarrollar la prótesis y llevarla hasta su implementación. La figura 1 muestra el diagrama de bloques del método experimental.

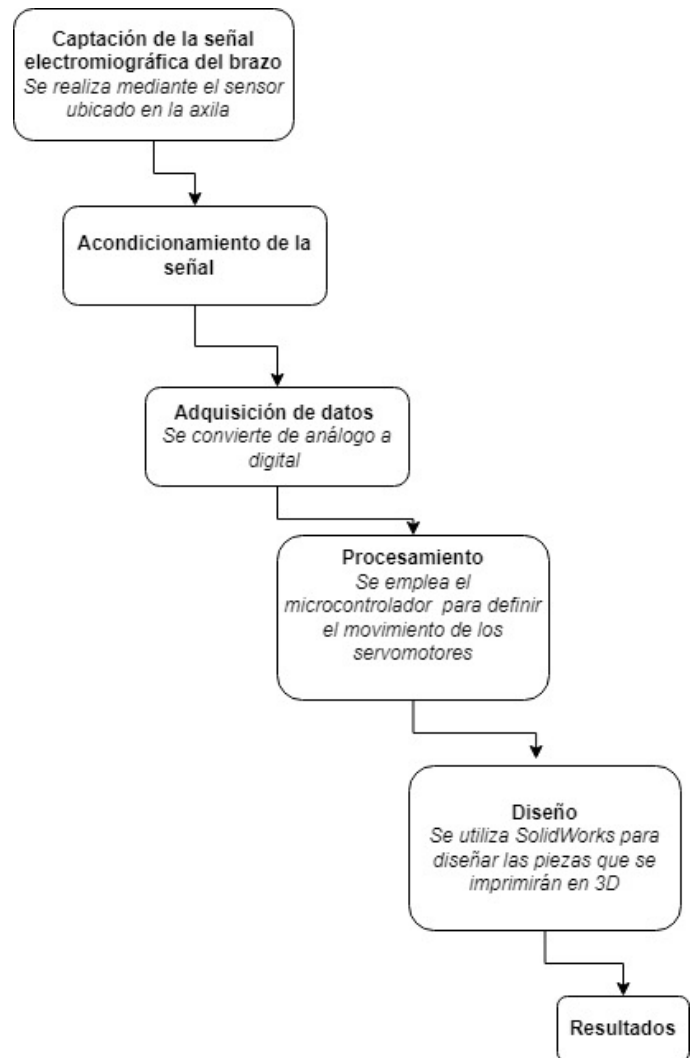


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema (fuente: elaboración propia).

A continuación se describen los pasos llevados a cabo en cada fase:

Fase 1. Análisis de los requerimientos

En esta etapa se definió que la Biomecánica es la ciencia que estudia las fuerzas internas y externas y su incidencia sobre el cuerpo humano. Bajo esta consideración, tuvo que reconocerse que la Anatomía muestra, en reposo y en un momento dado, las formas de una estructura, mientras que la Biomecánica permite comprender las fuerzas sobre estas estructuras y los efectos que ocasionan. Al respecto, Miralles (2001) aclara: “La Anatomía no es más que la visión momentánea de un largo proceso fisiológico que se sigue sin interrupción en los seres vivos”.

Una vez comprendiendo lo anterior, fue posible trabajar con la anatomía del brazo, definiendo que consta del húmero, que se articula en posición distal con el antebrazo por medio del complejo del codo, éste, a su vez, consta de tres huesos: húmero, cúbito y radio. Las uniones de éstos dan lugar a otras tres coyunturas separadas que comparten una cavidad sinovial común, lo que permite la flexión, extensión, pronación y supinación del antebrazo sobre el húmero.

La prótesis electromecánica que fue diseñada cuenta con un dispositivo electrónico para controlar el motor que abre y cierra la mano por

medio de un sensor que está ubicado en la axila opuesta. Para el diseño se tomaron en cuenta específicamente las necesidades de un paciente en particular, por lo que esta fase fue fundamental para analizar los requerimientos individuales de éste. El dispositivo en cuestión consta de un regulador de voltaje, un microcontrolador, un módulo de relevadores, un sensor y tres terminales (una para la alimentación de una batería, otra para el propio sensor y una para el motor). Lo anterior fue encapsulado con su tarjeta de circuito impresa (PCB por sus siglas en inglés *Printed Circuit Board*).

En la figura 2 se describe cómo se planteó el funcionamiento del algoritmo del microcontrolador que interpretará las señales electromiográficas para emitir una respuesta. Para este caso las entradas consistieron en la lectura del estado (1,0) del botón y el In1. El estado del led quedó definido como una salida (encendido/apagado) al igual que el In2. Lo siguiente fue definir las variables, en este caso las que se asociaron a números enteros (x , l , a y pwm) y las que representan un espacio de memoria (M1, M2, M3, M4, M5, H, A). Una vez finalizada esta etapa, se definió el ciclo de configuración de los pines, estableciendo así dos alternativas: cinco salidas y una entrada o una sola entrada. Después se estableció el ciclo *loop* en el que, de acuerdo al estado del botón, cambiarían los de las memorias y, según se encuentren éstas, se ejecutarían subprogramas.



Figura 2. Diagrama de flujo del funcionamiento que muestra el algoritmo del microcontrolador (fuente: elaboración propia).

Fase 2. Diseño

Una vez que se obtuvieron los requerimientos, se instruyó a los estudiantes a plantear un diseño para el brazo utilizando el software de computadora SolidWorks, tal como se muestra en la figura 3(b). Éste permitió realizar el prototipo funcional, que fue usado para la prótesis mioeléctrica.

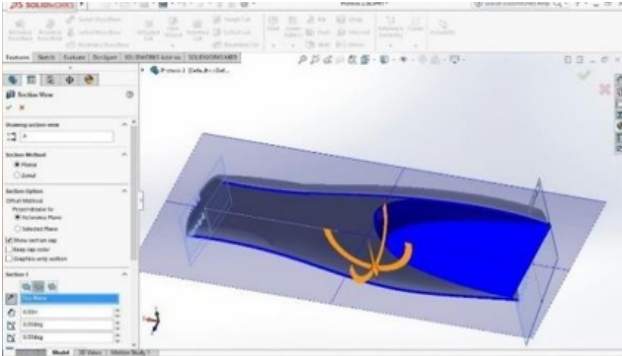


Figura 3. Medición y desarrollo del prototipo. Izquierda: se observa la medición del brazo del paciente con un vernier digital. Derecha: desarrollo del prototipo CAD en SolidWorks (fuente: elaboración propia).

Fase 3. Análisis del sistema mioeléctrico

Los impulsos nerviosos son potenciales de acción de las neuronas motoras que se transmiten a las células musculares a lo largo de sus axones, las ramificaciones terminales de éstos y las uniones neuromusculares. La instrumentación EGM utilizada en las prótesis mioeléctricas va dirigida a obtener una representación inteligible de los potenciales de acción musculares. Para conseguirlo, se debe desarrollar un sistema lo suficientemente sensible dado que las magnitudes bioeléctricas son muy pequeñas. Las señales amplificadas son de entre 1 y 10 V, rango en el que funcionan los circuitos electrónicos de los microprocesadores como el utilizado en este trabajo (Gila 2009).

Las principales características de estudio de los EMG son la amplitud del pico principal, los cambios de fase de la señal, la duración y la estabilidad de la misma. Según la bibliografía (Pinzón, 2012), la amplitud de la tensión que se puede medir está comprendida entre los centenares de μV hasta unos pocos mV , y el espectro frecuencial entre los 20 y los 500 Hz, concentrando la mayor cantidad de potencia entre los 50 y los 200 Hz. La duración se define como el tiempo desde la deflexión inicial al retorno a la línea de base, y suele tener unos valores medios de entre 5 y 15 ms.

El procesamiento digital de señales biomédicas, como las electromiografías superficiales (EMGS), son fundamentales en el control de dispositivos activos como las prótesis mioeléctricas. Éstas consisten en un sistema accionado por servomotores que se rigen a partir de señales EMG, bien sean intramusculares, capturadas mediante agujas, o superficiales, recogidas en el muñón del paciente mediante electrodos (De la Rosa y Liptak, 2002).

Fue en esta fase que se mantuvo un acercamiento a la ficha técnica del paciente proporcionado por la Fundación En Espíritu y Verdad (cuya sinergia fue indispensable para la entrega de la misma).

Fase 4. Impresión del prototipo

Aunque la prótesis mioeléctrica es más pesada en comparación con las cosméticas y accionadas por el cuerpo, sigue siendo más ligera que el brazo humano típico, por lo anterior, y tras la determinación del material, los estudiantes procedieron a la impresión de piezas para luego armarla por completo.

Se realizaron impresiones en plástico con motores independientes y con baterías normales.

Conforme se procedía, los estudiantes pudieron reconocer diversas áreas de oportunidad. Una de ellas es que el plástico de impresión 3D se degrada con el sol. Además, se pudo observar que los tendones elaborados con nailon se rompían cuando se usaban por cierto tiempo y que las falanges de los dedos eran comerciales, por lo que después de un lapso se quebraban.

Otro factor de interés fue que la detección de la electrónica que utilizaban los pulsos de la piel para poder mover los dedos presentaba errores si el paciente sudaba, ya que la conductividad de la piel cambiaba y por ende no se controlaba de manera correcta. También se determinó que las baterías no daban la carga necesaria para soportar el movimiento constante de los motores, por lo que tuvieron que ser reemplazadas por una batería de LiPo de cuatro celdas de 5400mAh junto a un microcontrolador que se encarga de cada celda. Las ventajas de estas baterías es que, aunque las pilas se descarguen, el sistema sigue funcionando con la misma potencia debido a que el microcontrolador intercambia las celdas de manera electrónica.

Lo anterior pudo ser determinado con base en la fase de experimentación de materiales, donde finalmente, tras diversas pruebas, se obtuvo un

dispositivo protésico ligero, hecho en su mayoría de plástico. El zócalo está hecho generalmente de polipropileno, metales ligeros como el titanio y el aluminio han reemplazado en gran medida al acero en el pilón, considerando que las aleaciones de estos materiales se utilizan con mayor frecuencia.

En la figura 4 se puede observar la prótesis ya armada, así como los materiales utilizados para su desarrollo. El 100% de los materiales utilizados fueron de origen mexicano. El costo final fue de \$18,000.000 y fue aportación del paciente y del recurso de la Fundación.



Figura 4. Armado de prototipo mioeléctrico (fuente: elaboración propia).

RESULTADOS

Como se pudo observar con anterioridad, el trabajo realizado en práctica de laboratorio pudo ser concretado y una vez terminado se transfirió a la asociación civil para que ésta entregara la prótesis al paciente en cuestión para con ello permitir que

mantenga una mejor calidad de vida. Tal como se muestra en la figura 5, fue necesario hacer uso de métodos especiales de movimiento interactuando con los mecanismos de actuadores y servomotores para personas que tuvieron amputación en el brazo, así como de diferentes herramientas de diseño, control y computación.



Figura 5. Entrega de prototipo final al paciente (fuente: elaboración propia).

No obstante, pese a que la entrega constituye la etapa final del proyecto, el trabajo de laboratorio práctico de los estudiantes fue fundamental para promover no sólo la teoría, sino la parte que vincula la RSU en los mismos.

Como es perceptible, el trabajo desarrollado entregó una prótesis de brazo mioeléctrico al paciente bajo un tipo de entrega protocolaria donde estudiantes, docentes y personal de la fundación probaron, ajustaron y realizaron la entrega oficial de la misma (FIME, 2021).



CONCLUSIONES

A través de la experimentación de materiales y con ocho diferentes tipos de electrónica y varios tipos de baterías, fue posible mover la prótesis. Cabe precisar que el desarrollo del mismo cobró casi un año de trabajo escolar donde fueron diseñados seis prototipos hasta llegar al objetivo final; se utilizó un arnés para que el paciente se sienta más seguro de su utilización y su comodidad.

Dado a la gestión, documentación y la asistencia financiera del paciente y de la fundación fue posible contribuir en el diseño de la prótesis mioeléctrica.

REFERENCIAS

- Aasheim, C.L., Li, L., y Williams, S. (2009). Knowledge and skill requirements for entry-level information technology workers: A comparison of industry and academia. *Journal of Information Systems Education*. 20(3):349-356.
- De la Rosa, S.R., y Liptak, L. (2002). Entrenador mioeléctrico de prótesis para amputados de brazo y mano. *Mapfre medicina*. 13(1):11-19.
- Durán Acevedo, C.M., y J.M., A.L. (2013). Optimización y clasificación de señales EMG a través de métodos de reconocimiento de patrones. *Iteckne*. 10(1):67-76. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-17982013000100009&lng=en&tlng=es.
- FIME. (2021). *Entrega FIME prótesis personalizada gracias a programa de inclusión y vinculación*. Disponible en: <https://www.fime.uanl.mx/se-entrega-fime-protesis-personalizada-gracias-a-programa-de-inclusion-y-vinculacion/>
- Gila, L., Malanda, A., Rodríguez Carreño, I., et al. (2009). Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. 32(supl. 3):27-43. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272009000600003&lng=es&tlng=es
- Millalén, F.V. (2017). Infusión de habilidades blandas en el currículo de la educación superior: clave para el desarrollo de capital humano avanzado. *Revista Akadèmeia*. 15(1):53-73.
- Miralles, R.C. (2001). Biomecánica de la columna. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*. 8(2):2-8.
- Pinzón, J.V., Mayorga, R.P., y Hurtado, G.C. (2012). Brazo robótico controlado por electromiografía. *Scientia et technica*. 1(52):165-173.
- Universidad Autónoma de Nuevo León. (2021). *Oferta educativa de Ingeniero en Mecatrónica*. Disponible en: <https://www.uanl.mx/oferta/ingeniero-en-mecatronica/>
- Vallaey, F. (2014). La responsabilidad social universitaria: un nuevo modelo universitario contra la mercantilización. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*. 5(12):105-117.
- Vallaey, F., y Álvarez-Rodríguez, J. (2019). Hacia una definición latinoamericana de responsabilidad social universitaria. Aproximación a las preferencias conceptuales de los universitarios. *Educación XXI*. 22(1):93-116.



IMÁGENES Y

ALGORITMOS,

herramientas para un diagnóstico médico más preciso.

ENTREVISTA CON LA DOCTORA NIDIYARE HEVIA MONTIEL

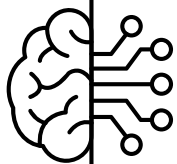
MARÍA JOSEFA SANTOS*

*Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx



La doctora Nidiyare Hevia Montiel tiene una formación multidisciplinaria que comienza con una licenciatura en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, y culmina con un doctorado en Ciencias, específicamente en Imagenología Médica, por la Universidad de París XI Orsay. Desde 2015 es investigadora del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la Unidad Mérida, donde trabaja los temas de procesamiento de imágenes y señales, visión computacional y reconocimiento de patrones sobre los que ha publicado artículos en revistas arbitradas, memorias en congresos y trabajos de divulgación científica. La doctora Hevia tiene, además, dos patentes y un registro de software. Actualmente es responsable del Área de Análisis de Imágenes e Inteligencia Artificial, unidad académica del IIMAS en el Estado de Yucatán.



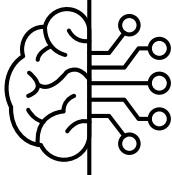
¿Cuándo descubre su vocación por la investigación?

En la preparatoria conocía a dos maestros de Matemáticas, de Geometría uno (el profesor Tomás), y el otro, el profesor Garibay, de Cálculo Diferencial e Integral. Ambos trabajaban en el equipo de investigación del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), en Cuernavaca, y nos invitaron, a otras tres compañeras y a mí, a visitarlos. Allí tuvimos charlas con ellos y con otros colegas sobre su trabajo, lo que más llamó mi atención de esas pláticas fue el método que seguían, quizá porque siempre he sido muy estructurada. Así, cuando tuve que realizar el servicio social y mis prácticas profesionales, pedí hacerlas en ese Instituto, donde me vinculé con investigadores y estuve en contacto con la investigación. Mi trabajo consistió en apoyar con una partecita de un proyecto de investigación, pero, aunque era pequeña, me sentí muy emocionada. ¡Estaba colaborando en una investigación!

También hice prácticas en el Instituto Mexicano del Agua (IMTA). Mi vocación por la investigación terminó por decantarse cuando trabajé con una beca en una empresa durante seis u ocho meses, y me di cuenta de que el trabajo en la

industria no era lo mío. Por supuesto lo hice lo mejor que pude, como todos mis trabajos, pero no tenía gusto por mi labor. Esos fueron los puntos que me marcaron para saber de mi vocación por la investigación. Ya después me fui a la maestría y al doctorado, pero siempre sabiendo que me quería dedicar a la investigación.

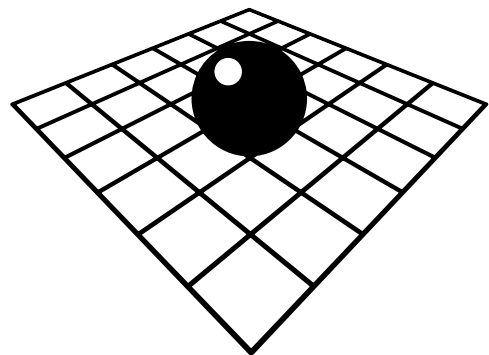
Mi trabajo consistió en apoyar con una partecita de un proyecto de investigación, pero, aunque era pequeña, me sentí muy emocionada. ¡Estaba colaborando en una investigación!

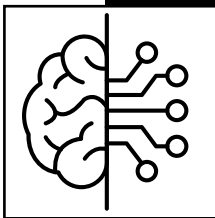


¿Qué ventajas tiene contar con una formación multidisciplinaria?

Una de las ventajas es poder plantear la solución de un problema desde distintas ópticas. De manera muy analítica, por supuesto, pero también desde puntos de vista más subjetivos. Proponer opciones de solución desde distintas perspectivas facilita el acercamiento con investigadores de otras disciplinas, en la medida en que se abre el abanico de los códigos comunes. En suma, esta formación me permite salir de una visión muy cuadrada, aunque sólo sea para saltar de un cuadrado a otro.

Esta formación me permite salir de una visión muy cuadrada, aunque sólo sea para saltar de un cuadrado a otro.





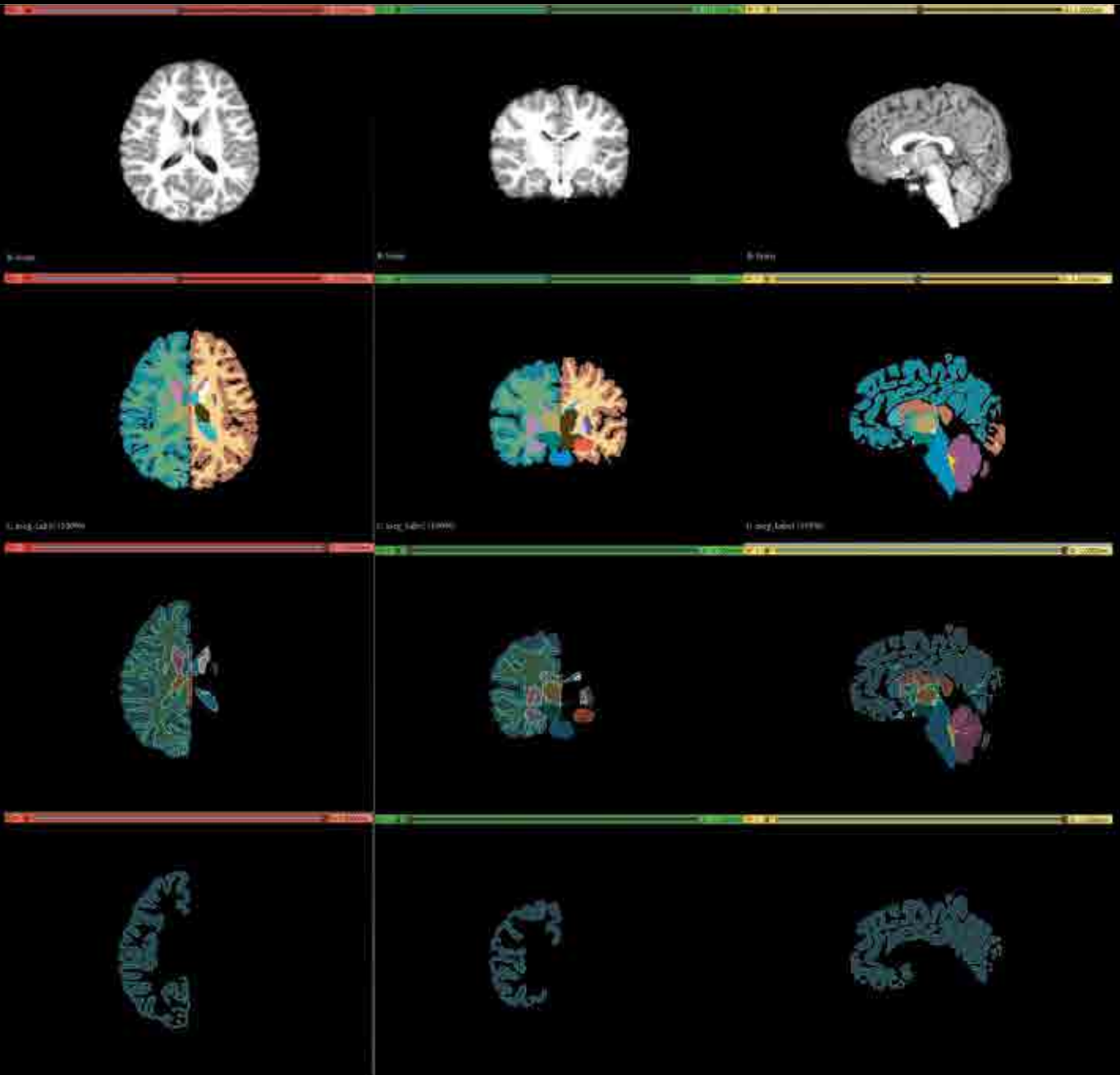
¿Para un investigador, qué retos tiene trabajar con imágenes médicas?

Ofrezco herramientas a los médicos para facilitar su trabajo y hacer más eficiente el tiempo de diagnóstico. Ellos no pueden equivocarse un milímetro, no hay posibilidad de error en neurocirugía. Mi interacción con neurólogos y neurocirujanos me ha mostrado que no pueden tener margen de error y, obvio, mis algoritmos tampoco. Ellos me han sensibilizado para ver más allá de las imágenes, los pacientes son personas a las que se tiene que ayudar.

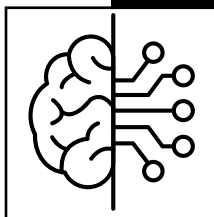
Recuerdo mi trabajo en el Hospital Pitié-Salpêtrière, en París, Francia, donde manipulábamos imágenes cerebrales que luego no venían derechitas, bien alineadas, y le decía a los doctores: “necesito que esté mejor tomada la imagen”, a lo que ellos respondían: “estamos trabajando con pacientes que llegan con un infarto cerebral y tenemos que dar

un diagnóstico en muy poquito tiempo, en 10 o 15 minutos, a lo que se suma que el paciente no siempre llega consciente y tenemos que meterlo a resonancia lo más pronto posible”. Con ello me quedó claro que la urgencia siempre es el paciente, no las imágenes.

Te das cuenta de que lo que importa es diagnosticar lo más rápido posible al paciente con un infarto cerebral, epilepsia o cualquier otra enfermedad de ese tipo, esa es la sensibilidad que debemos tener siempre presente. Lo anterior es a la vez el motor para pensar que se deben lograr resultados con el material que se tiene: un modelo matemático que nos ayude a hacer una predicción, un algoritmo que nos permita detectar bien la zona para hacer una cirugía guiada por imagen. Es pensar que debes entregar algo que funcione y sea confiable.



Segmento de estructuras cerebrales en IRM para estudios morfométricos en pacientes infantiles con desnutrición (imagen: Nidiyare Hevia y Ramón Cota Aguilar).



¿Cómo hace para vincularse con los grupos de investigación y médicos, cómo anima a participar a estos últimos?


En la CDMX los contactos los hacía a partir de mi participación en foros o congresos donde se reúne la parte clínica y la computacional, eso ayuda mucho para conocer la problemática de los médicos y, desde el punto de vista computacional, se generan y socializan ideas para resolver los problemas planteados por los primeros. Éste ha sido un camino que me ha ayudado a entablar redes y contactar personas para colaborar.

Cuando llegué a Yucatán no tenía ningún contacto, seguía trabajando con los neurocirujanos de la Ciudad de México, así que fue ir tocando puertas para hacerme de los recursos de los que podía echar mano. El primero, los colegas que trabajan imágenes médicas desde la Universidad Autónoma

de Yucatán (UADY) y, aunque de alguna manera nos conocíamos de compartir congresos y reuniones académicas, teníamos que buscar acercarnos y establecer cierto tipo de colaboraciones.

También hubo que tocar puertas en los hospitales. Tuve la fortuna de encontrar, en el Hospital de Alta Especialidad de Yucatán, a un neurorradiólogo (el Dr. Ramón Gutiérrez) abierto a hacer investigación para encontrar nuevas soluciones a sus problemas. Con este doctor, quien a su vez me presentó con otros, comencé a armar mi red para entablar colaboraciones. A ello se sumaron los colegas de la UADY.

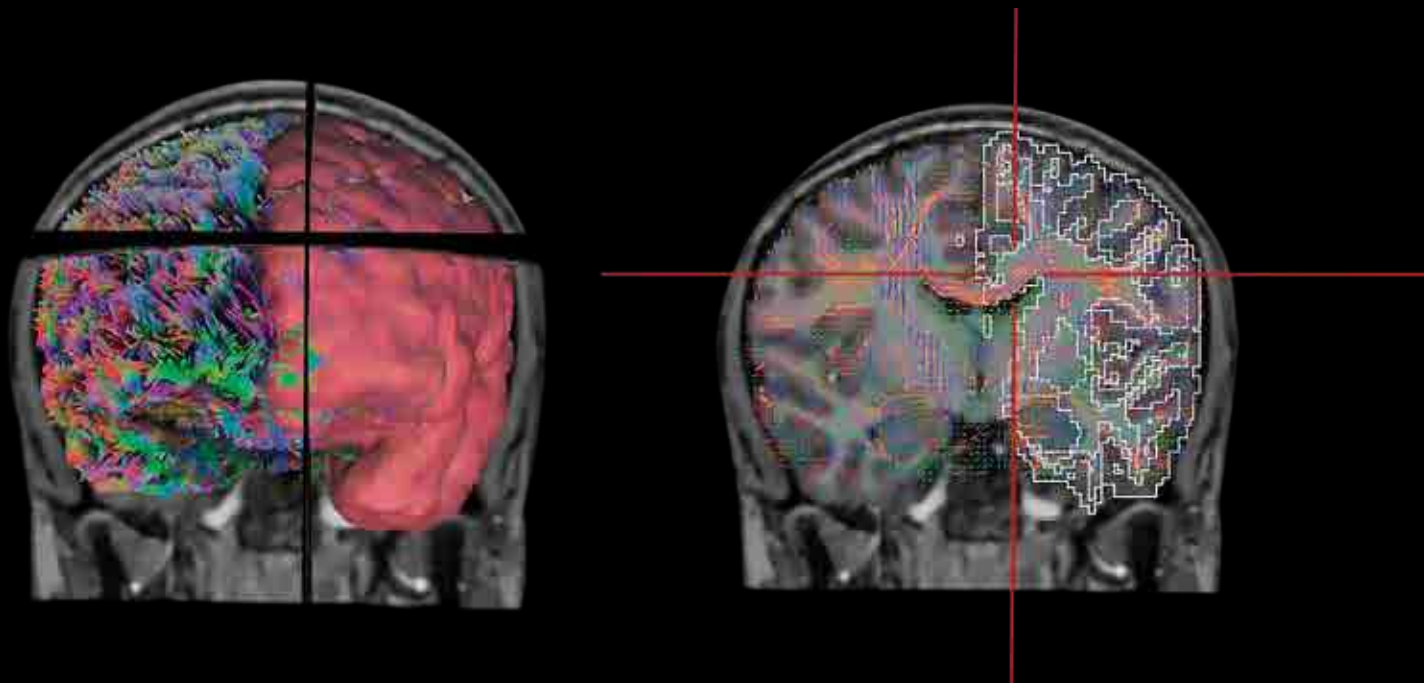
Por otro lado, con el Centro de Investigaciones Regionales de la UADY, específicamen-



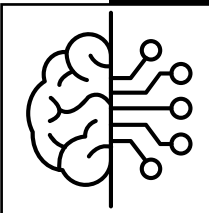
te con el Dr. Hidero Noguchi, empezamos a trabajar con imágenes de ultrasonido, imágenes ecocardiográficas y microfotografías histopatológicas para observar el daño en corazón ocasionado por la enfermedad de Chagas, donde para ayudar a caracterizarlo nos vinculamos también con histopatólogos. Así, al tocar una puerta se van abriendo otras para hacer más grande la red. Lo que me que-

da claro es que si uno tiene interés debe ir a buscar los contactos. Oportunidades hay y quizá lleguen más, pero siempre es mejor si las buscas.

Esta búsqueda no ha sido pesada porque es algo que me gusta hacer, hay que tocar puertas y a veces las que se abren no son las más adecuadas, pero ellos me recomiendan con otros, hasta que llega la que preciso.



Análisis de descriptores de la forma y difusión por IRM (imagen: Nidiyare Hevia y Ramón Cota Aguilar).



¿Por qué decide moverse a Yucatán?

Cuando me vine a Yucatán no tenía redes aquí. Estando en la Ciudad de México comencé a percatarme de las oportunidades que había, porque sabía que las imágenes médicas no eran un área muy trabajada, sólo había dos o tres académicos en la UADY investigando sobre ello. Otro asunto es que no soy muy arraigada a ningún sitio, siempre estoy en busca de oportunidades donde se presenten, soy de fácil adaptación. Así que cuando en el IIMAS de la UNAM se presenta la oportunidad de una nueva sede en Yucatán, y me ofrecen venir, encontré para moverme dos grandes motivos: en principio, el personal, por el asunto de la inseguridad en la CDMX, viví tres episodios de violencia que marcaron mi vida, aunque no me detuvieron para continuar desarrollándome, así que Yucatán ofrecía mayor seguridad. El segundo era el profesional, en el círculo de investigadores, colaboradores y

de quienes participaban en conferencias y congresos vi que en Yucatán no figuraba o tenía presencia como un núcleo fuerte en el análisis de imágenes médicas, por lo que se podía hacer mucho y podía aportar mi experiencia y crecer profesionalmente. Así, con eso en mente, visité la ciudad de Mérida y me gustó como lugar para que creciera mi hija Nicté-Ha.

Cuando me mudé empecé de cero en la Unidad Yucatán. No había un edificio propio, fui construyendo la infraestructura y las redes junto con los otros dos colegas que vinieron conmigo (el Dr. Sánchez y el Dr. Molino), eso sí, con el impulso y apoyo del director del IIMAS (el Dr. Héctor Benítez, en ese entonces). No me equivoqué, encontré que el área de imágenes médicas es una que llama la atención a los jóvenes, así tenemos estudiantes de la Facultad de Matemáticas de la

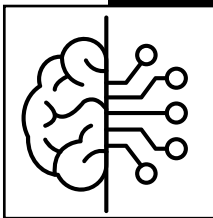
UADY, dirigimos tesis, colaboramos con los profesores, en fin, tenemos presencia en esta facultad.

Luego extendimos nuestras colaboraciones al Instituto Tecnológico de Mérida, donde recibimos varios chicos de Ingeniería Biomédica que se acercan a trabajar con imágenes médicas. Los vínculos anteriores, de médicos y académicos, nos permitieron difundir los temas de imágenes médicas, organizando congresos y foros estudiantiles donde juntamos equipos interdisciplinarios, clínicos, biomédicos, ingenieros electrónicos, de cómputo y mecatrónicos de diferentes instituciones, UADY, Tecnológico de Mérida y del IIMAS para mostrar a los chicos que no sólo hay industria, sino que también hay un camino profesional en la investigación.

Así que me vine por razones personales y profesionales, pensando que comenzaría de nuevo, que me atrasaría en mi vida académica en lo que lograba tener estudiantes, vínculos con profesionales de la salud, con otros académicos; sin embargo, consciente de todas

esas dificultades, me atraía apoyar al crecimiento de las sedes foráneas de la UNAM y con ello a los grupos locales de investigación.

No me equivoqué, encontré que el área de imágenes médicas es una que llama la atención a los jóvenes, así tenemos estudiantes de la Facultad de Matemáticas de la UADY, dirigimos tesis, colaboramos con los profesores, en fin, tenemos presencia en esta facultad.



¿Qué significa patentar?

Significa tener los derechos de alguna invención o invento y con ello la posibilidad de licenciarlo. Tengo sentimientos encontrados con las patentes. He visto a través del tiempo que si bien al principio uno quiere tener una patente para proteger su invento, después no te animas a lucrar con ella, o por lo menos en mi caso. De las que yo tengo puedo decir lo siguiente, la licencia de software y una de las patentes, que es un algoritmo para predecir un infarto cerebral, son derivadas de mi tesis doctoral, esas son las que siento más, la otra la desarrollé con un grupo de investigación.

De cualquier forma, las tres me llenan de orgullo porque implican formalizar un proceso de investigación para que se pueda difundir entre la comunidad científica. Sin embargo, al paso de tiempo, y sobre todo a la luz de lo que implica el *open access*,

Tengo sentimientos encontrados con las patentes. He visto a través del tiempo que si bien al principio uno quiere tener una patente para proteger su invento, después no te animas a lucrar con ella, o por lo menos en mi caso.

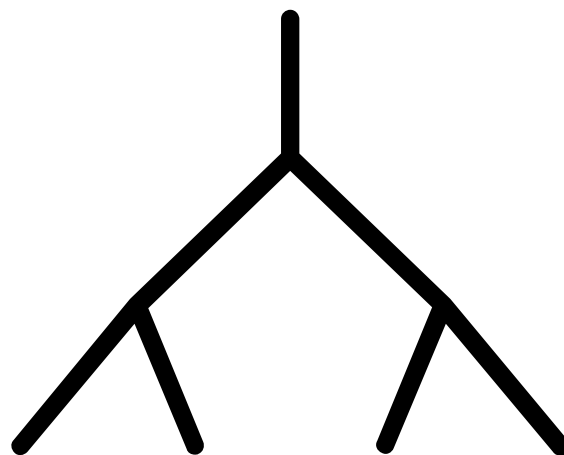
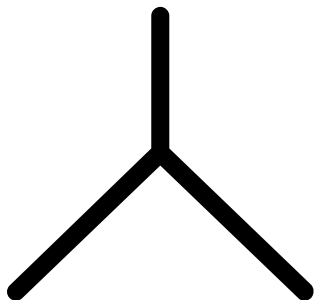


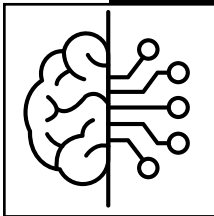
he cuestionado el sentido de las patentes. Incluso por ahí tenemos otros softwares que no hemos patentado, estamos pensando en la opción de derechos de autor para no lucrar con lo desarrollado, sólo protegerlo, pero que sea abierto.

No le veo sentido a quedártelo. A mí me gustaría protegerlo, pero dejarlo abierto. El software *Neurinfarct* que tenemos registrado, no logramos licenciar, porque al final pensamos que al ser para uso de un hospital no queríamos que costara, sólo queríamos protegerlo. Los softwares que estamos desarrollando, alguno de los cuales ya tenemos en pruebas piloto, pensamos proteger-

los, pero dejándolos abiertos. Quizá no alcanzo a ver la visión comercial de un desarrollo, no tengo habilidades empresariales para ver el provecho de obtener una patente, ahí necesitaría alguien que me asesore.

Me he encontrado que, por el contrario, los alumnos que participan en las ferias científicas en las que soy jurado tienen la idea de desarrollar algo para vender, yo siempre les digo, primero hay que desarrollar algo bien y después pensamos en la venta, pero luego pienso que a lo mejor yo no puedo ver esta oportunidad. No quiero cerrarme porque siempre aprende uno mucho de los estudiantes.





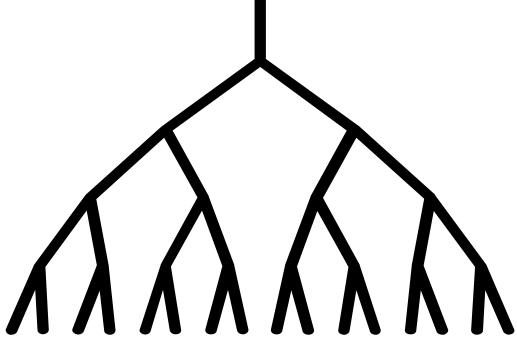
¿Qué le ha dado la UNAM a la doctora Hevia y usted qué siente le ha dado a la UNAM?

Pertenecer a la UNAM es estar en una universidad nacional, con un acervo cultural enorme. He tenido la oportunidad de acercarme a personas de diferentes disciplinas y a distintas materias. También he obtenido experiencia en desarrollo de infraestructura que me ayudó a ir cambiando y modelando mi visión. Cuando me vine a Mérida el director del IIMAS me pidió que le ayudara a coordinar la unidad, esta tarea contribuyó a ampliar mi visión de académica, conocer las necesidades, por ejemplo, de infraestructura, mobiliario y todos los trámites que se requieren para obtenerla.

A partir de mi trabajo en la UNAM he conseguido mucha experiencia. Podría decir, sin te-

mor a equivocarme, que te da respeto y peso el nombre de la UNAM, un ejemplo tangible que he vivido es al portar la bata de la UNAM, como le digo yo a mis colegas: la bata de la UNAM te da poder, porque gracias a ella y, sobre todo al nombre de la UNAM, es que se me han abierto puertas para generar colaboraciones y establecer redes académicas y científicas tanto en los hospitales como en otras instituciones.

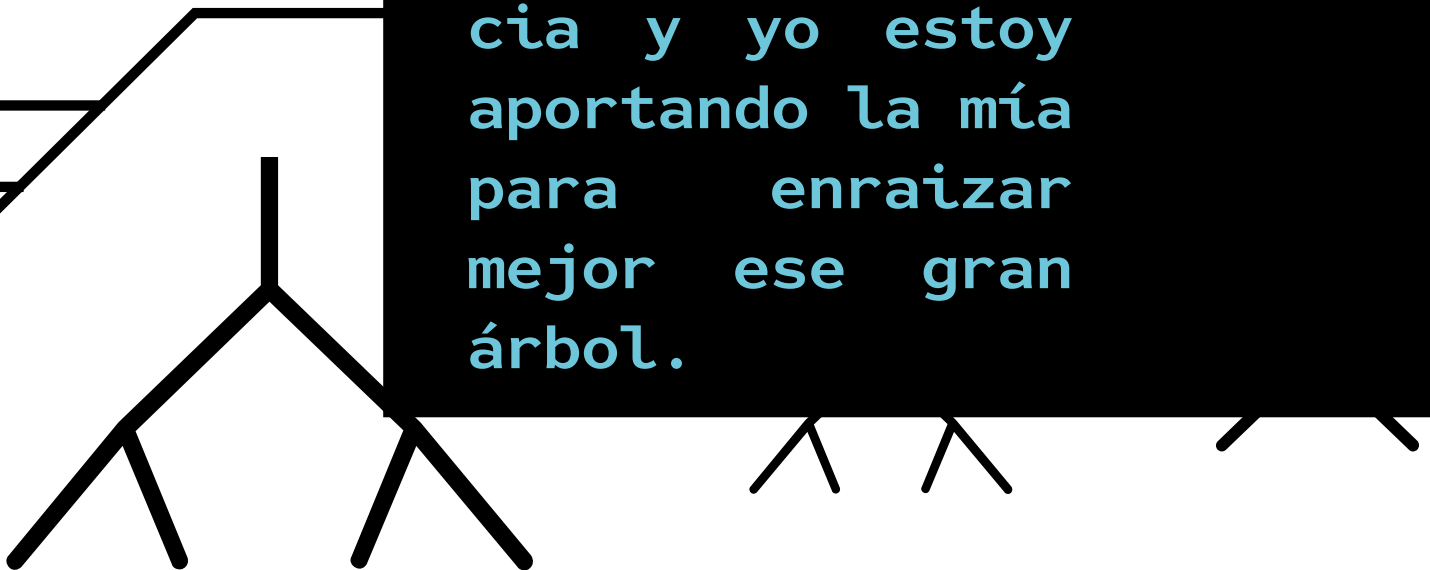
En cuanto a qué le he dado a la UNAM, me imagino a la Universidad como un gran árbol con raíces que van creciendo, me pienso como una pequeña raíz que va a ir aumentando de tamaño pero que ya es un soporte. La experiencia que tengo a partir

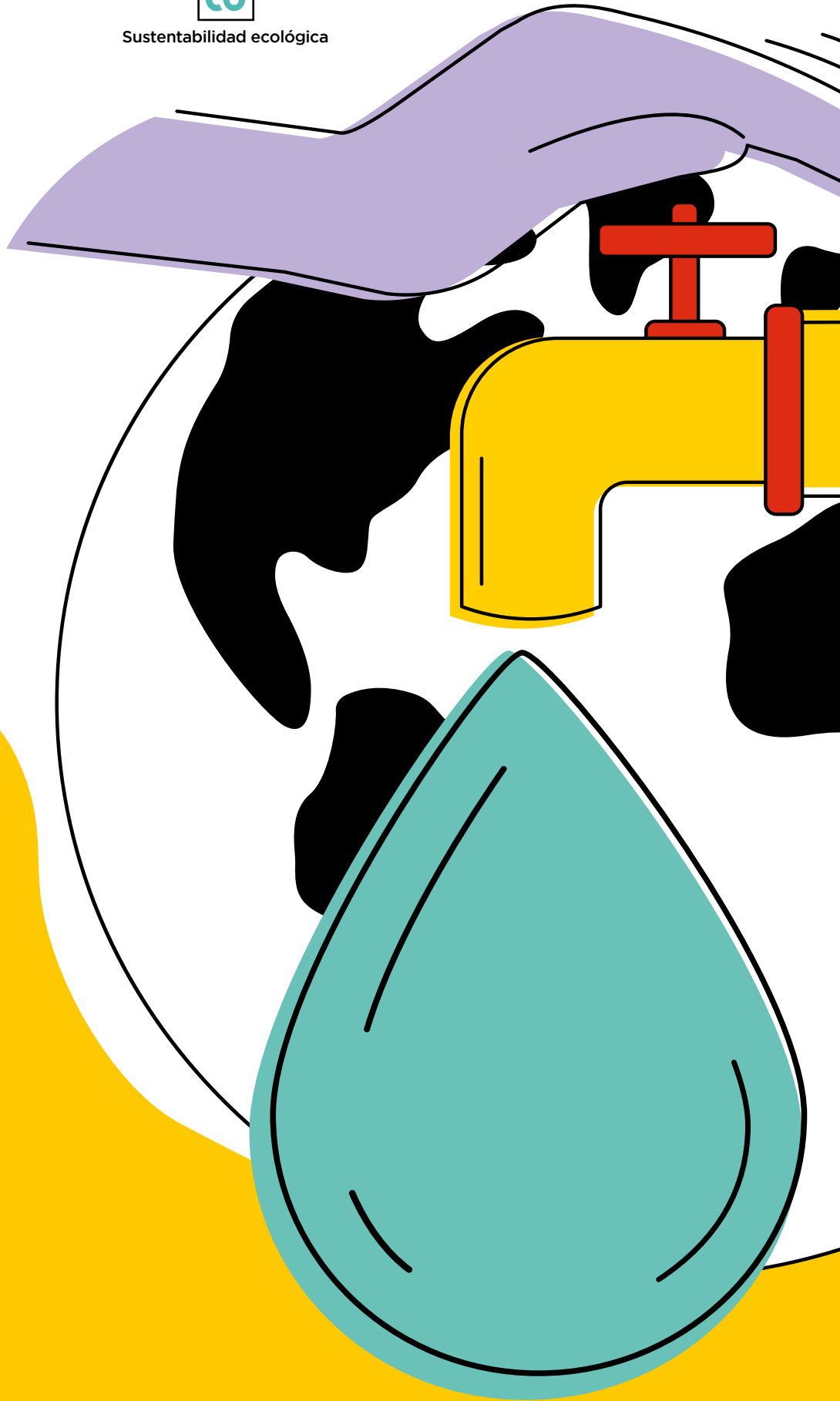


de mi trabajo en la sede foránea, como podría ser el tener alumnos de otras universidades que hacen su tesis dentro de la UNAM, aunado a los proyectos de investigación planteados a partir de problemáticas de la región la hace ir creciendo. De manera que la UNAM me ha dado mucha experiencia y yo estoy aportando la mía para enraizar mejor ese gran árbol.



De manera que la UNAM me ha dado mucha experiencia y yo estoy aportando la mía para enraizar mejor ese gran árbol.





A stylized graphic of a globe on the left side of the page. The globe is composed of black and white shapes representing continents and oceans. A yellow banner is overlaid on the top part of the globe, containing the title. The globe is partially cut off by the right edge of the page.

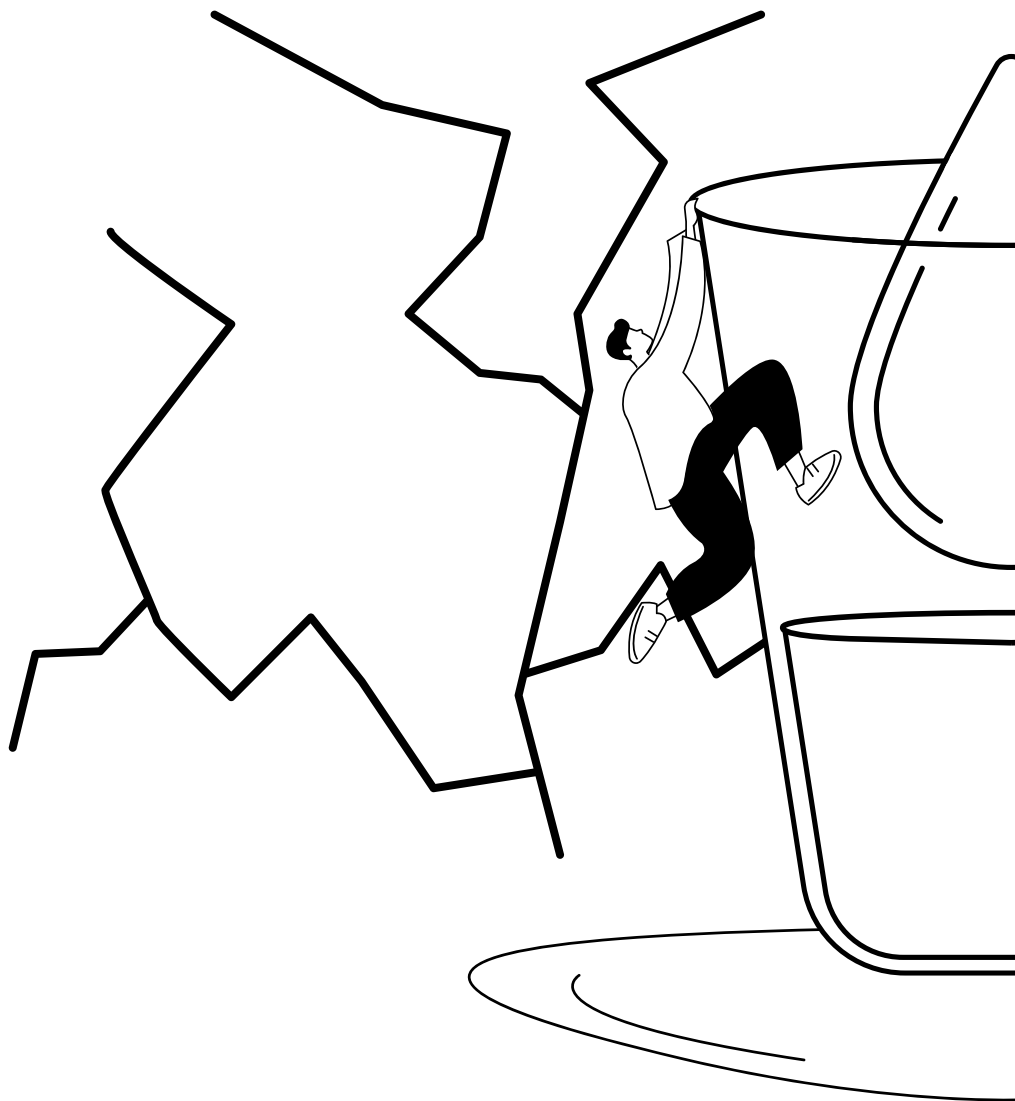
AGUA, SEQUÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Pedro César Cantú-Martínez*

En las condiciones actuales de orden ambiental, a nivel global, se ha podido constatar la vinculación entre las dimensiones sociales, económicas y ecológicas. En especial mediante lo que representa para éstas el recurso hídrico que, como hemos sabido, pasa por una alteración, tanto en la disponibilidad como en la cantidad y calidad en muchos lugares del mundo. En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas ha indicado que éste es vital para el progreso social, el desarrollo económico y para la manutención de las comunidades naturales y las propias de los seres humanos (Naciones Unidas, 2022).

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

E-mail:cantup@hotmail.com



Por lo cual, en el marco de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), puntalmente el número 6, refiere a abonar sobre la disponibilidad de agua mediante la gestión y el saneamiento sustentable. Lo anterior atiende principalmente a temas ecológicos, económicos, de salud y educación, y a todas aquellas actividades de carácter vinculante que procuren y tengan como eje central el cuidado y resguardo del vital líquido (Naciones Unidas, 2019). En este sentido, para percatarnos de lo grave de esta situación, el Informe de los Objetivos del Desarrollo Sostenible de 2019, llevado a cabo por instancias de las Naciones Unidas (2019), reporta que aún en la actualidad, cerca de 785 millones de

seres humanos en el mundo carecen de agua potable y que, además, 2 mil millones subsisten en naciones donde existe un alto estrés por su escasez.

De manera tal que la falta de este elemento representa para la sociedad uno de los retos más complejos que social y ambientalmente enfrentamos, ya que involucra la imbricada red social donde su carencia promueve factores de riesgos que contienen distintas facetas que podemos observar a través de los desplazamientos de grandes núcleos poblacionales, la inestabilidad tanto política como económica que plantea el no tenerlo, lo consecuente a enfermedades, como hambrunas, que



se suscitan por la ausencia y la insalubridad de éste en las grandes colectividades humanas (Ángeles y Maldonado, 2020).

Velasco, Ochoa y Gutiérrez (2005:37) mencionan que una eventualidad capaz de cambiar la faz de la tierra a gran escala es llanamente la falta de agua, que entre sus efectos más “espectaculares y dramáticos se manifiestan en la alteración de las actividades económicas habituales, en el deterioro de la calidad y condiciones de vida de los habitantes y en el daño a las condiciones ambientales”. Esta advertencia se funda sobre la base de un recurso común, limitado y cuya cantidad es invariable, por lo

que una gestión adecuada y reglamentada es una condición a cumplir con un matiz de carácter moral (Aurín, 2015).

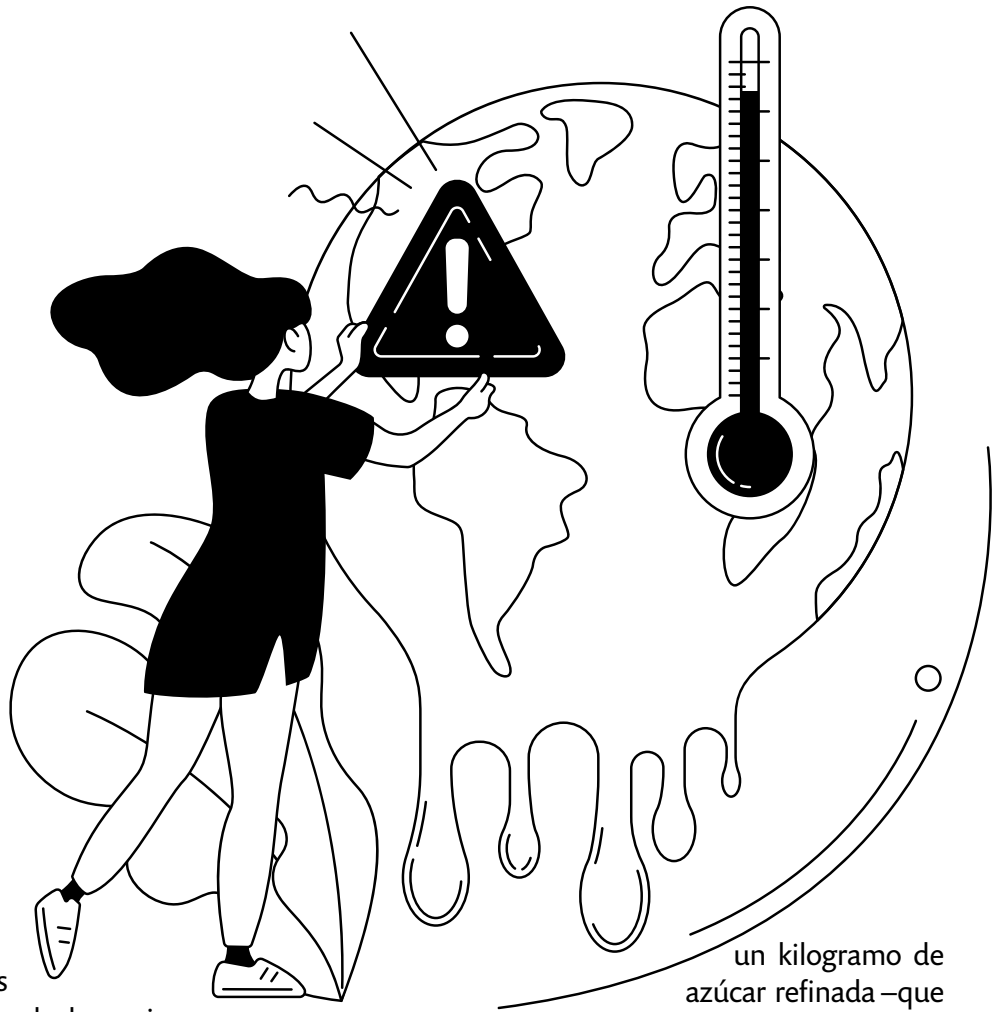
Al reconocerse que se trata de un insumo insustituible y que además aporta un gran valor a la cadena que emana de los procesos productivos y comerciales, es que se torna pertinente abordar la temática del valor que constituye para el ser humano, así como lo que representan para la sociedad las sequías y las consecuencias derivadas del cambio climático—que absolutamente es de orden antropogénico—para finalmente concluir con algunas consideraciones finales acerca del tema.

AGUA: TRASCENDENCIA Y USOS

En primera instancia se debe aseverar que hablamos del recurso más relevante para la existencia de la vida, tal y como la conocemos, por lo cual es considerada de importancia vital para los seres vivos en general. Es de destacar que nuestro planeta está constituido en un 70% de ésta, aspecto que se replica también en el ser humano, situación que nos vincula estrechamente. Además, es un medio trascendente en el que todos los procesos como funciones de carácter biológico se llevan a cabo, desde una perspectiva celular hasta otra de representación ecosistémica, por tal motivo es un elemento que representa la supervivencia de todos los organismos que cohabitamos este planeta (González del Rey, 2016).

Tan sólo su génesis es de gran importancia, un cambio en el ciclo que proporciona las condiciones pertinentes para regular el clima, mediante las

alteraciones antropogénicas que promueven el cambio climático, trastorna las funciones y vida de los ecosistemas. Esencialmente la precipitación pluvial, que varía de acuerdo a la región que se pretenda evaluar, es decir, la manera en que se renueva el agua que fluye mediante los ríos o bien la que se alberga de manera subterránea, en lagos, llanuras y humedales, entre otros cuerpos en los sistemas naturales. De acuerdo con Rodríguez (2021:12), “México cuenta con sólo 0.1% de agua dulce del mundo; 77% es utilizada para la actividad agropecuaria, 14% para el abastecimiento público y alrededor de 40% se desperdicia por el mal uso y descuido de la gente”. En tanto, el uso para la industria representa 4.9%, donde se puede apreciar que durante el lapso de 2009 a 2018 el volumen concesionado principalmente fue de líquido subterráneo, el cual se incrementó 36.5% (Comisión Nacional del Agua, 2019).



Por otra parte, en relación con los usos y cantidades ocultas en los bienes e insumos con los que contamos, que también se le denomina como agua virtual, la Comisión Nacional en México (2019:9) ha contabilizado lo siguiente:

para producir un kilogramo de maíz en México se requieren en promedio 1,860 litros de agua; un kilo de carne de res requiere 15,415 litros. Bajo este marco, los intercambios comerciales durante el año 2017 representaron exportaciones por 22,991 hectómetros cúbicos de agua virtual e importaciones por 37,357.

Prosiguiendo en esta línea discursiva, tenemos que, para generar un kilogramo de tela de algodón se demanda 10,800 litros de agua, para conseguir

un kilogramo de azúcar refinada—que procede de la caña de azúcar—se requieren 1,500 litros; para la elaboración de tan sólo 100 gramos de chocolate, 2,400; para un kilogramo de café, 21,000; una hamburguesa de 150 gramos, 2,400; para generar 250 mililitros de cerveza, 75; una bolsa de papas fritas de 200 gramos, 185 litros, de tal manera que en cada insumo que poseemos existe una gran cantidad de líquido que empleamos (Comisión Nacional de Agua, 2022).

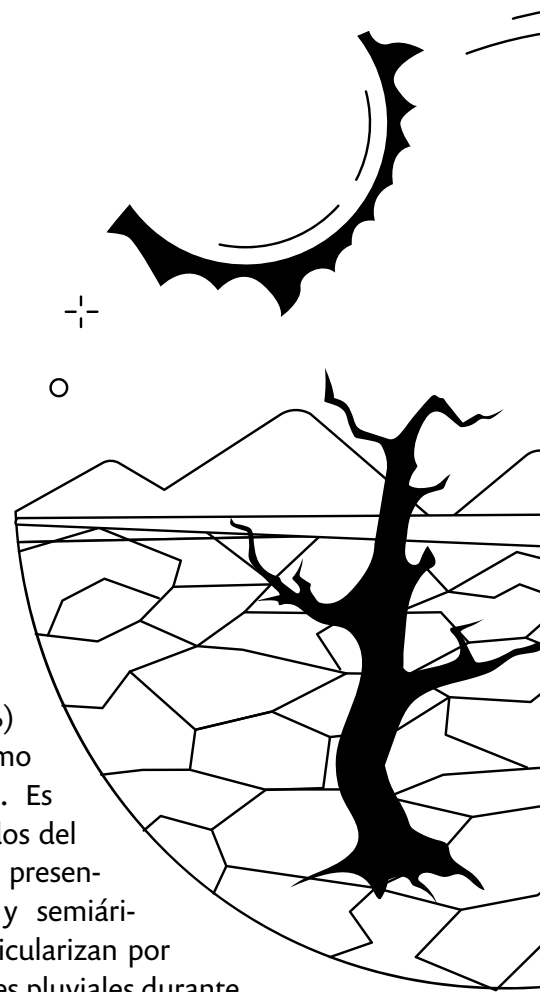
Estos antecedentes nos sirven para generar conciencia sobre la carga e impacto que hacemos a un recurso hídrico que es constante y limitado, y que además representa el símbolo de la vitalidad para nuestro planeta.

SEQUÍA Y SUS IMPLICACIONES

La sequía puede considerarse llanamente como una anomalía que se particulariza por una escasez de agua cuando este suceso se compara con la tendencia normalizada de precipitación y captación en un lapso. Ésta se puede caracterizar, de acuerdo con su temporalidad, de la siguiente manera: anormalmente seco (1 a 3 años), moderada (4 a 5 años), severa (6 a 10 años), extrema (11 a 20 años) y excepcional (21 a 50 años) (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2022). En las últimas décadas se ha estado presentando con mayor frecuencia por el fenómeno de cambio climático que se ha producido debido a las múltiples actividades antropogénicas en delimitadas regiones del planeta y a ciertos determinantes fisiográficos que ostentan estos sitios en específico, haciendo perceptible que esta condición puede variar de una región a otra.

A nivel mundial, mayormente en el siglo XX, la presencia de lluvia decreció principalmente en África y en una gran proporción territorial del Mediterráneo (Ruiz y Febles, 2004). En México, esto repre-

senta una alta vulnerabilidad ya que de acuerdo con Esparza (2014:197), “gran parte del país (52%) está catalogado como árido o semiárido. Es decir, catorce estados del territorio nacional presentan zonas áridas y semiáridas”. Éstos se particularizan por bajas precipitaciones pluviales durante el año, por ejemplo, durante 2020, en Baja California y Baja California Sur la precipitación media anual fue de 103.2 milímetros, en Coahuila fue de 227.2 milímetros, en Chihuahua 260.8 milímetros, en tanto que en Sonora fue de 343, Zacatecas 406.3 y en Nuevo León fue de tan sólo 525.5 milímetros. Al considerar los registros y datos del periodo 1941-2020, la Comisión Nacional de Agua (2021) advierte que 1943 sigue como el más seco en el país, en tanto





que 2020 está catalogado como el vigesimoprimer.

Las secuelas directas de la falta de lluvia pueden ser catalogadas—al margen de aquéllas de carácter medioambiental— en impactos agrícolas, pecuarios, de gestión y abastecimiento público,

industrial y finalmente de energía, con consecuencias de orden económico bastante superlativas. En esta secuencia, se puede advertir que lo que está sucediendo en el área metropolitana de Monterrey (AMM)—en Nuevo León, México— durante 2022, es una sequía de carácter hidrológico, que se presenta cuando las reservas de la región están descendiendo por debajo del promedio habitual. Este escenario se debe a una falta de

precipitaciones y al uso incorrecto por parte de la sociedad.

Al respecto, Juan I. Barragán, director de Agua y Drenaje de Monterrey —organismo público encargado de la distribución y suministro—, comenta que las tres presas del estado, “El Cuchillo”, “Cerro Prieto” y “La Boca”, con las que se cuenta para proveer a una población por encima de los 5 millones, se encuentran con almacenamientos críticos de 42, 2 y 8%, respectivamente (Martínez, 2022). En especial, Esparza (2014), comenta en este caso que en administraciones gubernamentales anteriores se preveía sufragar este problema mediante el proyecto de Monterrey VI, el cual pretendía garantizar el recurso por 50 años, trayendo líquido del Río Pánuco. Sin embargo, en las administraciones más recientes no le dieron continuidad por no comprometer las finanzas de Nuevo León. No obstante, se comprometió la situación de abasto para el AMM, y aún no se cuenta con una solución.

CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es un suceso extraordinario generado por el ser humano y sus actividades productivas, en especial se manifiesta mediante sequías que pueden ser o carencia o una total falta de agua. Esto sin lugar a dudas es causado por la alteración en la dinámica atmosférica, cuyo ciclo se ve perturbado por el alto consumo de combustibles fósiles, la deforestación y principalmente por la actividad industrial.

En este sentido, el Dr. Israel Velasco, entrevistado por el Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua en México (2013, párr. 4), argumenta que son tres las causas principales que “inciden directamente en el recurso, pues comprometen su equilibrio y gestión: crecimiento demográfico y urbanización, incremento en la demanda de alimentos e incremento de requerimientos de energía”. Al advertirse esto, se concibe que los resultados de los contextos sociales antes mencionados respaldan que los incidentes de sequía coexistirán de manera más aguda, abundante y, por consiguiente, con mayores impactos negativos en el tiempo y cuyas variaciones espaciales se harán sentir. Con lo cual se incrementará la explotación

en México de las cuencas y los acuíferos. Al respecto, Castillejos (2021:3) declaró puntualmente que en nuestro país el:

agua pluvial y su esperado ciclo no se ve reflejado en el agua destinada a abastecer a la población (urbana y rural) ya que no ha logrado una correcta cobertura ni una óptima gestión. El abastecimiento en México afronta diferentes problemáticas, como la mala gestión, explotación de los mantos acuíferos y pozos, así como el aumento de la necesidad del recurso derivado de la sobrepoblación y actividades económicas y agrarias.

Aduce además que, en México, se rebasa la capacidad de renovación en las grandes metrópolis, debido principalmente a la demanda per cápita y a la carencia de una infraestructura hidrosanitaria que permita manipular el resultado de las precipitaciones pluviales de forma idónea y separada de las residuales, ya que mayormente descarga en los drenajes. Y con ello, todos los contaminantes que tienen su origen en los centros urbanos y en las actividades industriales irrumpen en el entorno natu-

ral contaminándolo y comprometiendo la calidad del recurso hídrico con el que se cuenta.

Aunado a lo anterior, Martínez-Austria, Díaz-Delgado y Moeller-Chávez (2019) argumentan que la disponibilidad de agua en México está comprometida para 2030, ya que si sólo se contemplara la demanda demográfica, y no la de producción de alimentos y la energía, nos encontraremos de acuerdo a las evaluaciones y proyecciones en el parámetro de escasez o falta absoluta. Aseverando, además, que el “abatimiento de acuíferos inducido por prácticas antropogénicas y con fines principalmente económicos vulnera la sustentabilidad de la ya frágil seguridad hídrica y de alimentos” (Martínez-Austria, Díaz-Delgado y Moe-

ller-Chavez, 2019:111). Contexto situacional no sólo de carácter local, sino de orden global, del cual, en la actualidad, hay ya suficientes evidencias.



CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de los avances tecnológicos y de infraestructura hidráulica, se requiere de una reforma en el concierto internacional del sector, que incluya acciones de gobernanza, acompasados de marcos administrativos, legales y de financiamiento que fortalezcan las políticas de orden internacional, con el fin de revertir y controlar la tendencia actual que compromete la coexistencia del recurso en el mundo. Puesto que el agua se ha convertido en un tema de seguridad en la agenda de política internacional, ya que no sólo satisface las necesidades que demanda la población, también las de producción de bienes y otorgamiento de servicios.

En esta línea discursiva, si no se actúa de forma urgente, los escenarios de escasez, como está suscitando en este momento en el AMM en México, irán en aumento. Con lo cual se afectarán los sistemas abastecedores, por lo que es impostergable mejorar y concientizar de la participación pública en la toma de decisiones, y particularmente evitar la privatización del líquido para otros usos que no aporten a su preservación. Adicionalmente, el uso medurado y eficiente también in-

volucrará, entre otros aspectos, limitar los volúmenes utilizados en el sector productivo, estableciendo prioridades ecológicas y sociales por encima de los intereses de carácter económico.





Ciencia en breve

De árboles y robots

LUIS ENRIQUE GÓMEZ VANEGAS*

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

Contacto: luis.gomezv@uanl.mx

CIENCIA EN BREVE



Siempre hemos sabido que los árboles son nuestros aliados en la lucha contra la contaminación que nos amenaza cada vez más. Ahora, unos científicos han provocado, por medios artificiales, relaciones simbióticas que no son comunes

para que ciertas especies adquieran habilidades que no tenían.

Un equipo de la empresa Intrinsyx Technologies dirigía experimentos de crecimiento de plántulas en la Estación Espacial

Internacional (ISS), también seguía de cerca una investigación desarrollada en la Universidad de Washington (Estados Unidos), orientada a buscar y poner a prueba bacterias simbióticas conocidas como endófitos, que ayudaban a las plantas a descomponer algunas sustancias contaminantes comunes.

Los resultados de esa línea de investigación y desarrollo eran prometedores en el laboratorio, pero no se habían puesto a prueba en terrenos de fuera del laboratorio. El Centro Ames, en California, por su parte, había estado bombeando y tratando las aguas subterráneas contaminadas que fluían bajo sus instalaciones desde el emplazamiento de una antigua fábrica de chips informáticos. Entonces surgió una solución alternativa: cientos de álamos inoculados con una cepa de bacterias conocida como PDN3, que se alimenta de tricloroetileno, el principal contaminante de las aguas subterráneas en la zona en la que está el Centro y común en otros terrenos del mundo que necesitan una limpieza química a fondo.

Intrinsyx Technologies seleccionó la mejor ubicación para los árboles en el lugar, se plantaron y se les cuidó. Cuando las raíces lle-

garon al nivel freático en 2016, el personal del Centro Ames encargado del proyecto instaló pozos de prueba en cada extremo de la arboleda y analizó el agua subterránea antes de que fluyera hacia ésta y después de que saliera de ella.

Los resultados fueron rotundos. Las muestras del pozo en el punto en que los compuestos contaminantes entraron en la arboleda contenían tricloroetileno en concentraciones cercanas a las 300 partes por millar de millones (ppb), pero las concentraciones en el agua de salida estaban por debajo de las 5 ppb, lo que satisface plenamente los requerimientos legales para el agua potable. Por otra parte, mientras los ejemplares inoculados estaban sanos, verdes y contenían niveles apenas detectables de tricloroetileno, muchas de las plantas no inoculadas introducidas entre ellos estaban atrofiadas y amarillas, y tenían concentraciones de tricloroetileno casi tan altas como las de las aguas subterráneas contaminadas.

Ahora los emplazamientos de estos singulares huertos simbióticos se cuentan por decenas y es fácil augurar que su actividad se expandirá por todas partes del mundo (fuente: NCYT).



Y ya que hablamos de plantas, suelos y bacterias, unos científicos proponen el uso de una hormona como biofertilizante alternativo a los abonos tradicionales. Estos compuestos biológicos, las estrigolactonas, sirven de alerta cuando la planta sufre un déficit nutricional. A esta 'llamada de auxilio' acuden microorganismos beneficiosos para proteger y aportarle los nutrientes que necesita para crecer sana.

Los investigadores proponen, por un lado, el desarrollo de abonos que empleen esta hormona como bioestimulante para mejorar el crecimiento de los cultivos y los protejan de microbios patógenos. Por otro lado, sugieren que su investigación puede emplearse para desarrollar nuevas

estrategias de siembra que reduzcan, además, el uso de fertilizantes tradicionales. Éstos suplen las carencias nutricionales, pero al mismo tiempo bloquean la capacidad de la planta de emitir señales de alerta e interactuar con el entorno natural y los microorganismos del suelo, como lo haría de forma natural.

El estudio fue realizado por un equipo de la Estación Experimental del Zaidín (EEZ), en España, en colaboración con la Universidad de Cádiz, la Universidad Nacional de Córdoba, en Argentina, y el Instituto de Botánica de la Academia de Ciencias de la República Checa.

Además de suponer un mayor gasto económico, el empleo de fertilizantes químicos es más nocivo para el medio ambiente, dado que degradan los suelos y pueden contaminar los acuíferos, es decir, masas de agua subterránea que puede consumir el ser humano. Por el contrario, los métodos que propone el estudio son más sostenibles y menos contaminantes.

En este trabajo se analizaron los beneficios de las estrigolactonas cuando la plántula sufre de

ficiencia de fósforo y nitrógeno. Sin estos nutrientes, reduce su crecimiento, produce menos frutos y semillas, y se debilita su capacidad defensiva ante microorganismos patógenos; si el déficit es muy severo, muere.

Las estrigolactonas tienen la capacidad de señalar esta falta de nutrientes y hacer que el vegetal responda. Al mismo tiempo, sirven de ‘llamada de auxilio’ a la que acuden microorganismos beneficiosos del suelo, como hongos y bacterias. Éstos se encuentran presentes en la rizosfera –la parte del terreno en contacto con las raíces–, aportan los nutrientes necesarios y protegen de agentes patógenos.

Los investigadores comprobaron que el vegetal aumenta aproximadamente 20% la capacidad de fotosíntesis a cambio de realizar su ‘señal de llamada’ y atraer a los microorganismos que suplen la deficiencia nutricional. Una vez que estos hongos y bacterias beneficiosos están presentes en la rizosfera y colonizan la planta, fortalecen sus raíces, la alimentan para que crezca sana y la protegen; de este modo puede adquirir nuevos nutrientes de la tierra y sobrevivir a largo plazo. El estudio se titula “Strigolactones: New players in the nitrogen-phosphorus

signalling interplay”, y se ha publicado en *Plant, Cell & Environment* (fuente: Fundación Descubre).



Pero si de andar al aire libre se trata, es muy reconfortante recostarse en el césped al pie de un gran y frondoso árbol, siempre y cuando no se descuelgue una araña, o se te suba un escorpión, porque entonces sí, el miedo podría paralizarnos. Hablando de escorpiones, un equipo de la Universidad Nacional de Irlanda, en Galway, analizó 36 especies, constatando que los ejemplares con tamaño corporal más grande tienen venenos menos potentes y por ello resultan menos peligrosos, a pesar de que su apariencia física inspire más miedo.

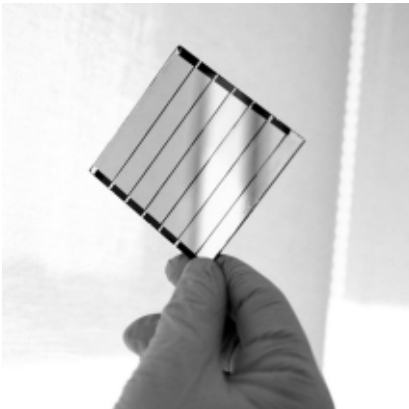
En cambio, los más pequeños, como el escorpión amarillo brasileño, eran más de 100 veces más venenosos que las especies con el

mayor tamaño corporal que estudiaron. La potencia del veneno no sólo está relacionada con el tamaño del cuerpo, también con el de las pinzas. Los venenos de las especies con pinzas más pequeñas tienden a ser más potentes que los de las especies con pinzas más grandes. Por ejemplo, el veneno del escorpión sudafricano de cola gruesa es diez veces más potente que el de especies con pinzas más grandes y robustas.

Los autores del estudio argumentan que, aunque estos artrópodos utilizan tanto el aguijón venenoso como las pinzas para capturar presas y defenderse, existe una compensación evolutiva entre uno y otro tipo de armas. La energía utilizada para fabricar pinzas más grandes significa que hay menos energía disponible para el arsenal químico. Esto hace que los escorpiones más grandes, que pueden valerse de su tamaño físico para cazar y defenderse mejor, dependan menos de los venenos, mientras que las especies con tamaño corporal más pequeño han tenido que desarrollar venenos más potentes.

Las picaduras de escorpión son un problema sanitario importante en muchas naciones, con más de un millón de casos y miles de muertes cada año en el mundo. Poder fiarse de rasgos físicos fáci-

les de identificar y recordar por las víctimas, como el tamaño corporal, es de gran ayuda a la hora de decidir lo más rápido posible el tratamiento idóneo para combatir los efectos del veneno inoculado. El estudio se titula “Scorpion Species with Smaller Body Sizes and Narrower Chelae Have the Highest Venom Potency”, y se ha publicado en la revista académica *Toxins* (fuente: Amazings).



Cambiando un poco de tema, déjame platicarte sobre las células solares tradicionales, las cuales están hechas de silicio, que tiene una alta eficiencia de conversión de energía y una buena estabilidad. Pero son relativamente caras y están alcanzando sus límites de eficiencia fotovoltaica práctica y económica. Sin embargo, las células solares de

perovskita, llamadas así por reproducir una misma estructura clave que posee el mineral natural del mismo nombre, se consideran el principal aspirante a sustituir al silicio como material mayoritario para los paneles solares.

Las células solares de perovskita son más baratas que las de silicio, no requieren tanto calor en su proceso de fabricación, y son ligeras y flexibles. Pueden imprimirse en láminas de plástico a modo de paneles solares flexibles, o utilizarse como revestimiento de cristales de ventanas para aprovechar la luz solar incidente sin interceptarla toda. Tal versatilidad ofrece un amplio abanico de usos posibles.

Entre los distintos tipos de estas células hay uno que ha mostrado una estabilidad excepcional, lo que hace que sean buenas candidatas a alcanzar la vida útil de las de silicio. Sin embargo, los materiales empleados en las células de perovskita incluyen sustancias químicamente reactivas, que pueden volatilizarse o degradarse fácilmente cuando hace mucho calor o cuando la humedad del ambiente es alta, lo que acorta la vida útil. Por otra

parte, no hay una estrategia capaz de mejorar la eficiencia de éstas hasta en 25%, un nivel que les permitiría rivalizar con las de silicio. En resumen, ha faltado estabilidad y rendimiento.

Inspirándose en las propiedades únicas de un material que contiene metales llamados ferrocenos, un grupo de la Universidad de Hong Kong y del Imperial College de Londres ha superado esos obstáculos con un nuevo enfoque: añadir ferrocenos a las células solares de perovskita como interfase o superficie de contacto entre la capa que absorbe la luz y la capa que transporta los electrones, logrando así un gran avance en eficiencia y en durabilidad.

Estas nuevas células solares tienen todo lo necesario para convertirse en un producto capaz de acelerar la comercialización a gran escala de la tecnología fotovoltaica de perovskita y reemplazar a las de silicio. El equipo es el primero en conseguir que las células solares de perovskita de este tipo alcancen una eficiencia récord de 25% y pasen con éxito la prueba de estabilidad establecida por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Los detalles técnicos de esta innovación se exponen en la revista *Science*, bajo el título “Organometallic-functionalized interfaces for highly efficient inverted perovskite solar cells” (fuente: NCYT).



Por otro lado, la noción de un gran robot metálico que habla en tono monocorde y actúa con movimientos rígidos enlaza dos entre sí sin fluidez está muy arraigada en la cultura popular desde que la ciencia-ficción la implantó hace muchas décadas. Hasta ahora, pues este concepto es la antítesis del robot hacia el que los profesionales de esta rama orientan su labor de investigación y desarrollo. Este tipo de máquina se caracteriza, entre otras cosas, por tener piezas flexibles y blandas al tacto, con manos más parecidas a las

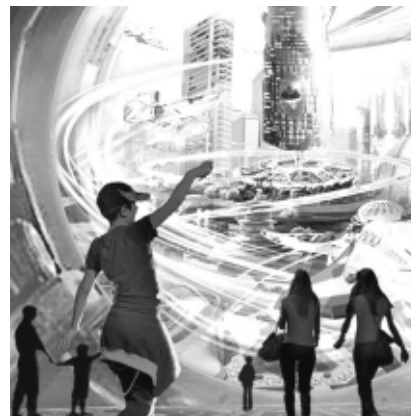
humanas que a las de robots clásicos de la ciencia-ficción como R2-D2 de la saga de *La guerra de las galaxias* o Robby, de *Planeta prohibido*.

Ese modo humanizado de moverse y manipular objetos es el objetivo de una línea de investigación y desarrollo seguida por el equipo del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en Cambridge, Estados Unidos, quienes han desarrollado una pinza robótica que, al igual que la mano humana, es lo suficientemente flexible como para manipular objetos de muy diversos tipos. Lo que diferencia este nuevo diseño de otros en este campo es que la pinza está dotada de sensores táctiles que pueden igualar o incluso superar la sensibilidad de la piel humana.

El sujetador consta de dos dedos flexibles, inspirados en las aletas de algunos animales acuáticos, que se ajustan a la forma del objeto con el que entran en contacto. Los propios dedos están hechos con materiales plásticos flexibles fabricados en una impresora 3D y albergan una cámara y otros sensores.

Al determinar exactamente cómo se deforman ciertas partes de los dedos durante la interac-

ción con el objeto que comienzan a agarrar, la cámara (junto con los algoritmos computacionales que la acompañan) puede evaluar la forma general del objeto, la rugosidad de su superficie, su orientación en el espacio y la fuerza idónea que cada dedo debe aplicar para sostener lo mejor posible el objeto sin dañarlo (fuente: Amazings).



Y si de sensibilidad se trata, los labios, junto con las encías y la lengua, son sumamente sensibles, siendo sólo superados por las yemas de los dedos en cuanto a densidad nerviosa. Unos investigadores de la Universidad Carnegie Mellon en Estados Unidos han aprovechado tal característica de la boca para idear una nueva y fascinante forma de que los usuarios de realidad virtual perciban ésta con el tacto, además de con la vista y el oído.

Su sistema utiliza ondas de ultrasonido transmitidas por el aire para crear sensaciones táctiles en los labios y en otras partes de la boca. El dispositivo emisor es lo bastante pequeño y ligero como para acoplarse a la parte inferior de unas gafas especiales.

Imaginemos un mundo de realidad virtual en el que hay una fuente de agua. Con el nuevo sistema ultrasónico, si acercamos la cara al chorro de agua para beber, la sentiremos deslizándose por nuestros labios. Obviamente, un efecto como éste hace que la experiencia resulte mucho más inmersiva y realista.

El equipo también ha utilizado el sistema para generar otras ilusiones, incluyendo gotas de lluvia, salpicaduras de barro y el hormigueo de bichos que se arrastran sobre la piel. Pese a la gran sensibilidad táctil que tiene la boca, ha sido siempre muy difícil encontrar un medio de reproducir efectos hápticos en ella. Los usuarios de realidad virtual son reacios a colocarse dispositivos en esa parte; y con razón, ya que los aparatos de esta clase son grandes y poco manejables. Otras soluciones alternativas sí son cómodas, pero resultan demasiado caras (fuente: NCYT).



Lo que no es una ilusión, y sí mucha realidad, es que el telescopio espacial Hubble de la NASA ha establecido un nuevo punto de referencia extraordinario: detectar la luz de una estrella que existió en los primeros mil millones de años después del nacimiento

del universo en el Big Bang, lo que la convierte en la estrella individual más lejana jamás vista hasta la fecha.

El hallazgo es un gran salto más atrás en el tiempo que con el récord anterior de una sola estre-

lla; ésta fue detectada por el Hubble en 2018. Esa estrella existía cuando el universo tenía unos 4,000 millones de años, o 30% de su edad actual, en un momento al que los astrónomos se refieren como un “desplazamiento al rojo de 1.5”. Los científicos usan este término porque a medida que el universo se expande, la luz de los objetos distantes se estira o “se desplaza” a longitudes de onda más largas y rojas a medida que viaja hacia nosotros.

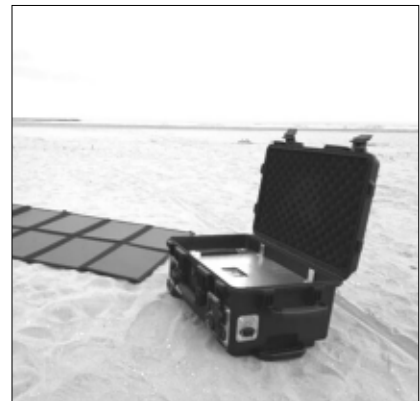
La estrella recién detectada está tan lejos que su luz ha tardado 12,900 millones de años en llegar a la Tierra, y se nos aparece como cuando el universo tenía sólo 7% de su edad actual, con un desplazamiento al rojo de 6.2. Los objetos más pequeños vistos anteriormente a una distancia tan grande son cúmulos de estrellas dentro de galaxias primitivas.

El descubrimiento se hizo a partir de los datos recopilados durante el programa Estudio de la reionización con lentes gravitacionales en cúmulos (RELICS, por sus siglas en inglés) del Hu-

bble, dirigido por científicos del Instituto de Ciencia del Telescopio Espacial, en Baltimore.

Después de estudiar la galaxia en detalle, los especialistas determinaron que uno de los elementos es una estrella extremadamente magnificada que llamaron *Earendel*, que en inglés antiguo significa “estrella de la mañana”. El descubrimiento promete abrir una era inexplorada de formación estelar muy temprana.

La composición de Earendel será de gran interés para los astrónomos, porque se formó antes de que el universo se llenara con los elementos pesados producidos por las sucesivas generaciones de estrellas masivas. Si los estudios de seguimiento encuentran que Earendel está compuesta solamente de hidrógeno y helio primordiales, sería la primera evidencia de las legendarias estrellas de Población III, que se supone son las primeras estrellas nacidas después del Big Bang. Si bien la probabilidad es pequeña, el equipo admite que es tentadora de todos modos (fuente: NASA).



Mientras eso pasa en el espacio, aquí, en la Tierra, unos ingenieros han creado una unidad de desalinización portátil que suministra agua potable sin necesidad de filtros ni bombas de alta presión. Esta unidad de desalinización, que pesa menos de 10 kilogramos, puede eliminar sales y partículas varias, hasta dejar potable al agua.

El dispositivo, del tamaño de una maleta pequeña, requiere menos energía para funcionar que un cargador de teléfono móvil. La poca electricidad que necesita puede obtenerla de la luz del Sol mediante un pequeño panel solar portátil de un tipo común, que se vende por unos 50 dólares.

El agua potable que suministra la desalinizadora de maletín cumple todas las normas de calidad de la Organización Mundial de la Salud. El aparato resulta fácil de utilizar y funciona con sólo pulsar un botón. Esta desalinizadora es obra del equipo del Laboratorio de Investigación en Electrónica (RLE) adscrito al MIT.

A diferencia de otros equipos portátiles que requieren que el agua pase por filtros, el nuevo dispositivo utiliza energía eléctrica para retirar del agua las partículas indeseadas. No tener que sustituir los filtros periódicamente reduce en gran medida los requisitos de mantenimiento a largo plazo. Esto podría permitir emplearla en zonas remotas y con recursos muy limitados, por ejemplo, en comunidades en pequeñas islas o a bordo de buques de carga en alta mar. También podría utilizarse para ayudar a los refugiados que huyen de catástrofes naturales o por los soldados que realizan operaciones militares de larga duración.

Las unidades de desalinización portátiles disponibles en el

mercado suelen requerir bombas de alta presión para empujar el agua a través de los filtros, que son muy difíciles de miniaturizar sin comprometer la eficiencia energética del dispositivo. En cambio, la nueva desalinizadora se basa en una técnica de polarización y concentración de iones de la que fue pionero el grupo hace más de diez años. En lugar de hacer pasar el agua por un filtro, el proceso aplica un campo eléctrico a unas membranas colocadas encima y debajo de un canal de agua. Las membranas repelen las partículas cargadas positiva o negativamente (incluidas las moléculas de sal, las bacterias y los virus) a medida que pasan. Este proceso se complementa con otro, en el cual se realiza una electrodiálisis para eliminar los iones salinos restantes.

La secuencia de estos dos procesos retira tanto los sólidos disueltos como los que están en suspensión, permitiendo que sólo el agua limpia salga del canal. Los detalles técnicos de esta nueva y revolucionaria máquina desalinizadora fueron publicados

en la revista académica *Environmental Science and Technology*, bajo el título “Portable Seawater Desalination System for Generating Drinkable Water in Remote Locations” (fuente: Amazings)



Pero si hablamos de sal, dulce y hasta picoso, quiero contarte sobre la percepción del sabor, un proceso complejo en el ser humano que ha evolucionado a lo largo de millones de años: el aspecto, el olor, la textura y la temperatura de los alimentos afectan a la forma en que lo percibimos; la saliva producida durante la masticación ayuda a transportar los compuestos químicos de los alimentos a los receptores gustativos, principalmente en la lengua; y las se-

ñales de los receptores gustativos se transmiten al cerebro. Una vez que nuestro cerebro es consciente del sabor, decidimos si nos gusta la comida o no.

El gusto también es muy individual: a algunas personas les encanta la comida picante, mientras que a otras les gustan los alimentos dulces más que cualquier otro. Un buen cocinero, ya sea aficionado o profesional, se basa en su sentido del gusto y puede equilibrar los distintos sabores de un plato para obtener un producto final bien equilibrado.

Al respecto, un robot cocinero ha sido entrenado para probar la comida y evaluar si está suficientemente sazonada. La máquina no mastica la comida ni posee saliva, pero los especialistas que lo han dotado de su singular habilidad han conseguido idear un método que le permite recrear las distintas fases principales del proceso de trituración y humidificación que acontece típicamente en la boca humana.

En colaboración con el fabricante de electrodomésticos Beko, el equipo de la Universidad de Cambridge ha entrenado a su *chef* para que evalúe cuán salado está un plato en diferentes fases del proceso de masticación, como podría hacerlo un humano.

El *cocinero*, que ya ha sido entrenado para hacer tortillas

basándose en los comentarios de los catadores humanos, probó nueve variaciones diferentes de un sencillo plato de huevos revueltos y tomates en tres fases distintas del proceso de masticación, y elaboró “mapas de sabor” de los distintos platos.

Los investigadores comprobaron que esta estrategia mejoraba significativamente la capacidad del androide para evaluar con rapidez y precisión cuán salado estaba un plato, en comparación con otras tecnologías de degustación electrónica.

Los resultados de esta línea de investigación y desarrollo, publicados en la revista *Frontiers in Robotics and AI*, bajo el título “Mastication-Enhanced Taste-Based Classification of Multi-Ingredient Dishes for Robotic Cooking”, podrían ser útiles para lograr avances importantes en el campo de la preparación automatizada o semiautomatizada de alimentos (fuente: NCYT).



Aunque el cocinero no sea excelente, muchas veces la comida se disfruta mejor con una buena música, lamentablemente no siempre se tienen los medios para reproducirla. Pero unos ingenieros del MIT han creado un altavoz delgado como una hoja de papel que puede convertir cualquier superficie en una fuente de audio. Este singular altavoz tiene un bajo consumo energético, pero es capaz de ofrecer una calidad de sonido alta.

El nuevo altavoz, en forma de película fina, produce un sonido con una distorsión mínima y utiliza una fracción de la energía necesaria para el funcionamiento de uno tradicional. El modelo de pruebas tiene el tamaño de una mano, pesa lo mismo que una moneda de diez centavos de dólar y puede generar un sonido de alta calidad independientemente de la superficie a la que se adhiera la película.

Para conseguir estas propiedades, los investigadores idearon una técnica de fabricación que sólo requiere tres pasos básicos y que puede adaptarse para fabricar altavoces ultrafinos lo suficientemente grandes como para cubrir el interior de un automóvil o empapelar una habitación.

Por sus características, el altavoz de película fina podría proporcionar una cancelación activa

del ruido en entornos estridentes, como la cabina de un avión, generando un sonido de la misma amplitud pero de fase opuesta; eso puede hacer que los dos sonidos se anulen mutuamente. El dispositivo flexible también podría utilizarse en espectáculos inmersivos, proporcionando audio tridimensional en un teatro o en una atracción de un parque temático, por poner dos ejemplos. Y como es ligero y re-

quiere tan poca energía para funcionar, resulta idóneo para aplicaciones en dispositivos de audio donde la autonomía de la batería es modesta.

Un altavoz típico genera sonido a partir de las señales en forma de corriente eléctrica que pasa por una bobina y genera así un campo magnético. Este campo mueve una

membrana en el altavoz, y ésta a su vez mueve el aire por encima, que produce el sonido que oímos. En cambio, el nuevo tiene un diseño que en cierto modo es más simple: utiliza una fina película de un material piezoeléctrico con cierto relieve que se mueve cuando se le aplica un voltaje. Este movimiento provoca a su vez un desplazamiento del aire y genera el sonido (fuente: Amazings).



812 019 0589



MEJORAMOS CUALQUIER COTIZACIÓN, MIENTRAS MANEJEN NUESTRA CALIDAD GARANTIZADA

MARKETING

BRANDING

RELACIONES PÚBLICAS

ATENCIÓN AL CLIENTE



COLABORADORES

Adrián Rodríguez Moctezuma

Graduado como ingeniero forestal por la UAAAN. Estudiante de la Maestría en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía en el Cinvestav-Unidad Saltillo.

Agustín Cortes Coss

Ingeniero en Administración de Sistemas. Maestro en Ingeniería, con orientación en Tecnologías de la Información. Doctor en Calidad de Procesos de Innovación Educativa. Profesor de medio tiempo de la FIME-UANL. Integrante de la Comisión de Seguridad y Medio Ambiente y coordinador de Medio Ambiente y Sostenibilidad de la FIME-UANL. Miembro del SNI.

Aida Anaí Aparicio Arroyo

Estudiante del Doctorado en Ingeniería del Lenguaje y del Conocimiento en la FCC-BUAP. Su área de interés es el procesamiento digital de imágenes.

Dina Elizabeth Cortes Coss

Profesora investigadora asociada y coordinadora del Departamento de Estrategias Inclusivas de la FIME-UANL. Miembro del SNI.

Fabián Fernández-Luqueño

Ingeniero agrónomo especialista en Suelos por la UACH. Maestro en Edafología por el Colegio de Postgraduados. Doctor en Ciencias en Biotecnología por el Cinvestav Zacatenco. Investigador 3C y coordinador Académico de los programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía del Cinvestav Saltillo. Sus líneas de investigación son el impacto de nanopartículas en plantas y organismos, remediación de suelos y aguas y la contribución de las energías renovables al desarrollo sustentable. Miembro de la AMC y del SNI.

Guillermo Carbajal Franco

Realiza sus estudios de Ingeniería Electrónica en el ITT y sus prácticas profesionales en el área de Catálisis del IMP, en el sensado de hidrocarburos mediante óxidos metálicos. Maestro en Ingeniería Eléctrica, con especialidad de Electrónica de Estado Sólido, por el Cinvestav. Doctor por la Universidad de Texas en El Paso. Dirige el Laboratorio de Nanotecnología y Energía Sustentable del ITT.

Iván Olmos Pineda

Profesor-investigador en el área de Ciencias de la Computación. Doctor en Ciencias de la Computación, con especialidad en Reconocimiento de Patrones y Aprendizaje Automático, por el INAOE.

José Arturo Olvera López

Doctor en Ciencias Computacionales. Profesor-investigador de la FCC-BUAP. Sus áreas de interés son el reconocimiento de patrones, minería de datos y análisis de imágenes digitales.

Karla Silvan Díaz

Ingeniera mecatrónica por el ITT. Estudiante de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en el ITT. Doctorante en Ingeniería Ambiental, con especialidad en fotodisociación de agua mediante el uso de catalizadores para la producción de hidrógeno.

Luis Enrique Gómez Vanegas

Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Corrector de la revista *Ciencia UANL* y de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

María Idalia Consuelo Gómez de la Fuente

Profesora de tiempo completo, titular B, de la FCQ-UANL. Licenciada en Físico Matemáticas,

maestra en Ciencias, con orientación en Ingeniería Mecánica, y doctora en Ingeniería de Materiales. Actualmente dirige tesis de doctorado y de Maestría en Ciencias, con Orientación en Química de los Materiales, que versan sobre desarrollo de materiales plasmónicos y fotónicos híbridos para su potencial uso en dispositivos optoelectrónicos. Miembro del SNI, nivel II.

María Josefa Santos Corral

Doctora en Antropología Social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología, cultura y estudios sociales de la innovación. Imparte las asignaturas de ciencia y tecnología para las RI en la Licenciatura de Relaciones Internacionales y Desarrollo Científico Tecnológico y su Impacto Social en la Maestría de Comunicación.

Pedro César Cantú-Martínez

Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial, por el OIICE. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición (RESPyN)*. Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Yadira Moreno Vera

Ingeniera mecánica administradora. Maestra en Ingeniería, con orientación en Manufactura, y doctora en Ingeniería de Materiales. Dirige la asignatura y el Laboratorio de Prótesis y Biomecánica de la FIME-UANL.

Lineamientos de colaboración

Ciencia UANL

La revista *Ciencia UANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial.

En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas:

- ciencias exactas
- ciencias de la salud
- ciencias agropecuarias
- ciencias naturales
- humanidades
- ciencias sociales
- ingeniería y tecnología
- ciencias de la tierra

Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades.

Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje **claro, didáctico y accesible**, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.



Criterios generales

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores (tres para los artículos de divulgación), en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación. Una vez entregado el trabajo, no se aceptarán cambios en el orden y la cantidad de los autores.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras, código identificador ORCID, ficha de datos y carta firmada por todos los autores (ambos formatos en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.

- Material gráfico incluye figuras, dibujos, fotografías, imágenes digitales y tablas, de al menos 300 DPI en formato .jpg o .png y deberán incluir derechos de autor, permiso de uso o referencia. Las tablas deberán estar en formato editable.
- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos: título del trabajo, autor(es), código identificador ORCID, institución y departamento de adscripción laboral de cada investigador (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios) y dirección de correo electrónico para contacto.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato Harvard.
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco ideas y cinco palabras clave.



Criterios específicos para artículos de difusión

- El artículo deberá ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Deberá considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deberán contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deberán presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptarán modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que auna- das a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.



Criterios específicos para artículos de divulgación

- Los contenidos científicos y técnicos tendrán que ser conceptualmente correctos y presen- tados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un inte- rés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, pos- teriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. El formato no maneja notas a pie de página.
- En el caso de una reseña para nuestra sección *Al pie de la letra*, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.



Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: <http://cienciauanl.uanl.mx/>
- Todas las colaboraciones, sin excepción, deberán pasar por una revisión preliminar, en la cual se establecerá si éstas cumplen con los requisitos mínimos de publicación que solicita la revista, como temática, extensión, originalidad y estructuras. Los editores no se obligan a publicar los artículos sólo por recibirlos.
- Una vez aprobados los trabajos, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.
- Todos los artículos de difusión recibidos serán sujetos al proceso de revisión *peer review* o **revisión por pares**, del tipo **doble ciego**; los documentos se envían sin autoría a quienes evalúan, con el fin de buscar objetividad en el análisis; asimismo, las personas autoras desconocen el nombre de sus evaluadores.
- Bajo ningún motivo serán aceptados aquellos documentos donde pueda ser demostrada la existencia de transcripción textual, sin el debido crédito, de otra obra, acción denominada como plagio. Si el punto anterior es confirmado, el documento será rechazado inmediatamente.

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:
revista.ciencia@uanl.mx
o bien a la siguiente dirección:
Revista Ciencia UANL. Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares
Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.
Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:
Tel: (5281)8329-4236. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/>

¡SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES!



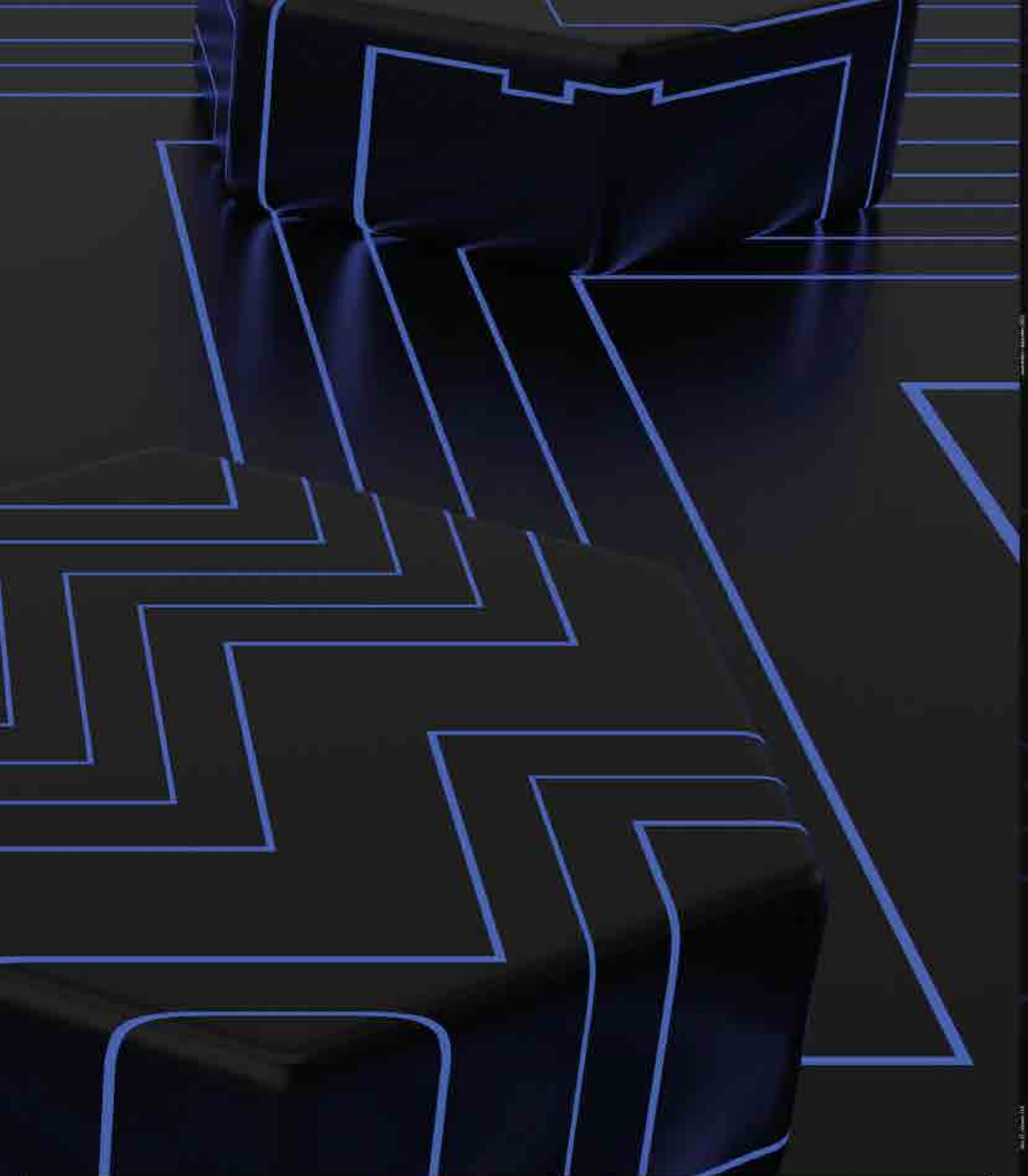
Ilustración cortesía del artista: Fredy Correa.



Instagram: [@revistaciencia_uanl](https://www.instagram.com/revistaciencia_uanl)



Facebook: [RevistaCienciaUANL](https://www.facebook.com/RevistaCienciaUANL)



Indexada en:



RevistaCiencaUANL Revistaciencia_uanl RevistacienciaUANL



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

